annales de zoologie écologie animale

inra

AZEA7.1

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, 75007 PARIS Tél. : 551-41-09.

Directeur général : J.-M. SOUPAULT

Directeur général adjoint : J. POLY

Inspecteurs généraux : E. BILIOTTI, P. BOUVAREL, A. CAUDERON, G. FAUCONNEAU, R. FÉVRIER, P. MORNET, R. PÉRO, J. REBISCHUNG

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. POLY

Annales agronomiques.

— J. CHAUSSIDON, Chef du Département de Science du Sol, C. N. R. A.
— L. GACHON, Chef du Département d'Agronomie, 63100 Clermont-Ferrand.
— M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie, C. N. R. A.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

— M. RIVES, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes, 33140 Pont de la Maye.

Annales de Phytopathologie.

— J. PONCHET, Chef du Département de Pathologie végétale, 06602 Antibes.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

— E. BIBLIOTTI, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales de Zootechnie.

— A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
— A. RÉRAT, Chef du Département de Nutrition, C. N. R. Z.

Annales de Technologie agricole.

— P. DUPUY, Chef du Département de Technologie des Produits végétaux, 21034 Dijon Cedex.
— A. GUILBOT, Directeur de la Station de Biochimie et Physico-Chimie des Céréales et de leurs Dérivés C. E. R. D. I. A., Le Noyer-Lambert, 91300 Massy.
— B. L. DUMONT, Directeur du Laboratoire de Recherches sur la Viande, C. N. R. Z.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

— G. FAUCONNEAU, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
— A. FRANÇOIS, Directeur de Recherche à l'I. N. R. A., Directeur du Centre national de Coordination des Études et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation.
— C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale, C. N. R. Z.

Annales des Sciences forestières.

— P. BOUVAREL, Inspecteur général de la Recherche agronomique, Chef du Département de Recherches forestières, C. N. R. F.
— J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54000 Nancy.
— J. PARDÉ, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

— P. MÉRAT, Directeur de la Station de Génétique factorielle, C. N. R. Z.
— B. VISSAC, Chef du Département de Génétique animale, C. N. R. Z.

Apidologie (Revue franco-allemande, co-édition I. N. R. A.-Deutscher-Imkerbund).

— J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, 91440 Bures sur Yvette.

Annales de Recherches vétérinaires.

— P. MORNET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales d'Hydrobiologie.

— R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
— C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale, C. N. R. Z.
— R. VIBERT, Chef du Département d'Hydrobiologie, 64200 Biarritz.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION

Services des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78000 VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

annales de zoologie écologie animale

Trimestriel

1975

Vol. 7 . N° 1

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
à l'exception des résumés

Ann. Zool. - Écol. anim., 1975, 7 (1), 1-12.

L'ALIMENTATION ARTIFICIELLE DES LARVES DE LA COCCINELLE APHIDIPHAGE *ADONIA 11 NOTATA* SCHN. (COL. *COCCINELLIDAE*)

I. — Étude préliminaire sur le rôle d'une fraction azotée complexe et d'un mélange d'acides aminés

A. FERRAN et J.-P. LAFORGE

Station de Zoologie et de Lutte biologique,
Centre de Recherches d'Antibes, I. N. R. A.,
06602 Antibes

RÉSUMÉ

Les larves de la coccinelle aphidiphage *Adonia 11 notata* ont été élevées sur un milieu oligidique contenant, en particulier, un mélange de 18 acides aminés et une fraction azotée complexe. Il a été montré que la présence simultanée de ces 2 groupes de substances est favorable à la première mue larvaire et qu'elle améliore la taille des jeunes larves. Des concentrations de 2,6 g pour 100 ml de milieu pour la fraction azotée et pour le mélange d'acides aminés paraissent les plus favorables pour le développement. Actuellement, seules des larves alimentées jusqu'au troisième stade sur le puceron *A. fabae* SCOP. puis mises sur ces milieux sont capables de donner des adultes. Les adultes provenant de larves de quatrième stade qui ont reçu cette alimentation artificielle, sont plus petits que les adultes issus de larves élevées sur leur hôte naturel. Bien qu'une certaine mortalité se manifeste dans les jours qui suivent leur émergence, ces imagos sont capables de pondre lorsqu'ils sont nourris de pucerons. Leur ponte, dans un intervalle de temps donné, paraît inférieure à celle d'insectes témoins.

Ces dernières années, l'utilisation des milieux artificiels pour l'alimentation des insectes phytophages a connu un très grand essor comme en témoignent les 980 références rassemblées par SINGH (1972) dans sa dernière compilation bibliographique. Chez les insectes entomophages et plus particulièrement chez les prédateurs, les résultats sont beaucoup moins nombreux et portent essentiellement sur deux groupes : les chrysopes et les coccinelles.

VANDERZANT (1969, 1973) a proposé un milieu holidique permettant l'élevage

continu de *Chrysopa carnea* STEPHENS. Un régime alimentaire a été défini pour cette espèce par HAGEN (1966, 1970) qui a montré, en outre, l'effet favorable de certaines levures du genre *Saccharomyces* sur la fécondité des adultes. En U. R. S. S. les chrysopes sont élevés avec succès sur un milieu semi-artificiel contenant de la poudre d'insectes (PONOMAREVA, 1973).

Chez les coccinelles, l'alimentation artificielle paraît encore plus difficile : *Coleomegilla maculata* DEGEER, espèce très polyphage est élevée sur un régime contenant du pollen (ATALLAH et NEWSON, 1966 ; ATALLAH et KILLEBREW, 1967 ; SMITH, 1960, 1961). Dans le groupe des coccinelles coccidiphages, il faut citer l'existence d'un milieu artificiel contenant de la poudre d'insectes et des protéines brutes pour *Cryptolaemus montrouzieri* MULS. (SOGOYAN, 1970). Pour les espèces aphidiphages, aucun milieu artificiel n'a été proposé, exception faite toutefois, d'un mélange complexe à base de gelée royale (SMIRNOFF, 1958) dont l'efficacité n'a pu être confirmée (MATTI HAMALAINEN, 1972). D'une manière générale, dans ces conditions alimentaires, le développement larvaire est incomplet et les adultes sont inféconds.

Actuellement, la plupart des travaux sont orientés, au niveau de ce groupe de prédateurs, vers la recherche d'hôtes de substitution (IPERTI, 1972 *a* et *b*) ou la présentation de l'hôte naturel sous des formes diverses (MATTI HAMALAINEN, 1972, SMITH, 1965 *a* et *b*). Certains auteurs s'intéressent plus particulièrement à la physiologie de l'alimentation. Ainsi SAKURAI (1968) a déterminé, chez plusieurs espèces, la nature et le pH optimum de leurs enzymes digestifs.

Nous avons entrepris l'élaboration d'un milieu artificiel destiné à l'élevage, en laboratoire, d'une coccinelle aphidiphage *Adonia 11 notata* SCHN. Cette espèce originaire des régions montagneuses du sud-est de la France, est élevée normalement sur le puceron noir de la fève, *Aphis fabae* SCOP. Elle présente 4 stades larvaires et la durée totale du développement pré-imaginal est de 17 jours environ à 21°C. Les adultes, qui consomment également cette proie, présentent au niveau de la tête un caractère morphologique qui permet de séparer les sexes. Les femelles, qui naissent immatures, doivent obligatoirement se nourrir pour accomplir leur cycle reproducteur. Après une période de maturation ovarienne de 8 jours (à 21°C), elles émettent 20 à 30 œufs par jour et vivent environ 1 mois.

I. — MÉTHODE D'ÉTUDE

Partant d'un milieu alimentaire oligidique (DOUGHERTY, 1959), établi empiriquement en fonction de données bibliographiques, nous avons réalisé deux expériences successives. Tout d'abord, nous avons comparé, au niveau des larves de premier stade seulement, les valeurs nutritionnelles respectives d'un mélange de 18 acides aminés et d'une fraction azotée complexe contenant, en quantité égale, de l'extrait de viande, de l'hydrolysat acide de caséïne, de l'hydrolysat enzymatique de levures et des levures de bière désamérisées (tabl. 1). Ensuite nous avons déterminé, sur l'ensemble des stades larvaires, les concentrations optimales de ces deux groupes de substances (tabl. 2).

Dans le premier essai, nous avons proposé à des larves de premier stade les 4 milieux suivants : le milieu M_0 qui est dépourvu de toute source azotée (témoin), le milieu M_I qui contient uniquement des acides aminés (poids total 5,2 g pour 100 ml de milieu), le milieu M_{II} dans lequel figure seulement la fraction azotée complexe (poids total 5,2 g pour 100 ml de milieu) et le milieu M_{III} formé par un mélange, en quantité égale (2,6 g pour 100 ml de milieu), de la fraction azotée complexe et de la solution d'acides aminés (tabl. 1).

TABLEAU I

Concentrations (en g pour 100 ml de milieu) *de la fraction azotée complexe et du mélange d'acides aminés mis dans les milieux utilisés au cours du premier essai*

Poids	Milieux			
	M_O	M_I	M_{II}	M_{III}
Fraction azotée complexe	—	—	5,2	2,6
Mélange d'acides aminés	—	5,2	—	2,6

Les quatre milieux (M_O, M_I, M_{II} et M_{III}) ont été offerts à des larves de premier stade élevées isolément et se trouvant à jeûn à ce moment là. Chaque milieu a été testé sur 40 larves réparties en 4 lots (notés R_1 à R_4) échelonnés dans le temps et contenant le même nombre d'individus (tabl. 3).

Dans le deuxième essai, nous avons étudié simultanément, l'influence sur les différents stades larvaires de 4 concentrations de la fraction azotée complexe (en g pour 100 ml de milieu, P_1 : 0, P_2 : 2,6, P_3 : 5,2, P_4 : 10,4) et de 3 concentrations du mélange d'acides aminés C_1 : 0, C_2 : 2,6, C_3 : 5,2), ce qui fait 12 combinaisons ou 12 milieux notés de C_1 P_1 à C_3 P_4 (tabl. 2).

TABLEAU 2

Disposition expérimentale des différentes concentrations (en g pour 100 ml de milieu) *de la fraction azotée complexe et du mélange d'acides aminés*

Mélange d'acides aminés	Fraction azotée complexe			
	P_1	P_2	P_3	P_4
C_1	0 0	2,6 0,0	5,2 0,0	10,4 0,0
C_2	0 2,6	2,6 2,6	5,2 2,6	10,4 2,6
C_3	0 5,2	2,6 5,2	5,2 5,2	10,4 5,2

Le milieu C_1 P_1 est dépourvu de toute source azotée, les milieux C_1 P_2 C_1 P_3 et C_1 P_4 contiennent uniquement la fraction azotée, les milieux C_2 P_1 et C_3 P_1 le mélange d'acides aminés.

Ce dispositif expérimental a été appliqué dans son intégralité aux larves de premier stade, chaque milieu a été offert à 40 jeunes larves réparties en 4 lots de 10 individus. Pour les larves de deuxième, troisième et quatrième stade, ce schéma a été simplifié : nous leur avons simplement proposé les milieux C_2P_1, C_2P_2, C_2P_3 et C_2P_4 à raison de 3 répétitions de 10 larves par milieu et par stade.

Dans ces deux expériences les milieux ont été fabriqués de la façon suivante : pour les fractions qui leur sont communes (glucides, lipides, vitamines, sels, oligoéléments et agar-agar), nous

utilisons des « solutions mères » dont un certain volume est prélevé et ajouté à chaque milieu. Pour la fraction étudiée, les différents constituants sont pesés individuellement puis dissous ensemble, dans un volume déterminé d'eau distillée. Ensuite, nous ajoutons successivement à cette fraction azotée, les sucres, les sels, les oligoéléments, la nipagine, le formol, un colorant et les lipides. Après avoir fixé le pH avec de la potasse 4N, les milieux sont chauffés (45°C) et reçoivent la solution d'agar-agar. Finalement ils sont coulés dans des boîtes préalablement stérilisées à l'éthanol et sont stockés au froid (8°C).

TABLEAU 3

Composition chimique du milieu M_{III}

(Concentration totale de la fraction azotée 2,6 g/100 ml de milieu, concentration du mélange d'acides aminés 2,6 g/100 ml de milieu)

Substances	Concentrations (pour 100 ml de milieu)	Substances	Concentrations (pour 100 ml de milieu)
Glucides (g)		*Lipides*	
Glucose	2,5	Ac. palmitique	80 mg
Saccharose	2,5	Ac. stéarique	50 mg
		Ac. oléique	200 mg
Protéines (mg)		Cholestérol	65 mg
Extrait de viande	657	Carotène	100 mg
Hydrolysat de levures	657	Lécithines	100 mg
Hydrolysat acide de caséine	657	Tween	1 cc
Levure de bière désamérisée	657		
		Vitamines	
Acides aminés (mg)		« Vitamin diet fortification mixture »	200 mg
L. alanine	100		
L. arginine	120	*Sels et oligoélément*	
Cystéine	50	Sels de Wesson	500 mg
Ac. L. Glutamique	220	Solution complexe (Ag, Cu, Zn, Co, Mn, Li, S)	2 ml
Glycine	200		
L. Histidine	80	*Divers*	
L. Isoleucine	150	Alcool éthylique à 70 %	2 ml
L. Leucine	220	Nipagine (solution 1 %)	1 ml
L. Lysine	100	Formol (solution 1 %)	0,2 ml
DL-Méthionine	80	Agar-agar	2,5 g
L. Phényl-Alanine	210		
L. Proline	120	Ph 7 (KOH 4N)	
L. Sérine	210		
DL-Thréonine	160		
L. Tryptophane	50		
L. Tyrosine	100		
L. Valine	200		

Ces expériences se sont déroulées dans les conditions suivantes : température 21°C, humidité relative 60 à 70 p. 100, éclairement constant et alimentation artificielle changée chaque jour.

Dans le premier essai les critères utilisés sont la taille des larves au moment de leur mort (en mm), la survie (en jours) et le nombre de larves ayant changé de stade. Dans le deuxième essai, les critères sont identiques au niveau des larves de premier stade. Chez les larves plus âgées, la taille est remplacée par le gain de poids après deux et quatre jours de nourriture sur les milieux artificiels. Enfin les adultes obtenus à partir des larves de quatrième stade ont été répartis en couples puis élevés sur le puceron *A. fabae* afin de déterminer leur potentiel reproducteur.

2. — RÉSULTATS DU PREMIER ESSAI

1. — *Augmentation de la taille en fonction des milieux*

La taille des larves c'est-à-dire la distance entre la partie antérieure de la tête et l'extrémité abdominale a été mesurée dès la mort sous la loupe binoculaire (tabl. 4).

TABLEAU 4

Variation de la taille des larves en fonction des milieux

Répétitions de 10 larves	Milieux			
	M_O	M_I	M_{II}	M_{III}
R_1	1,69 ± 0,34	1,69 ± 0,36	1,83 ± 0,36	*2,34* ± 0,49
R_2	1,60 ± 0,26	1,47 ± 0,28	1,49 ± 0,33	*1,87* ± 0,34
R_3	1,51 ± 0,70	1,32 ± 0,40	1,34 ± 0,28	1,89 ± 0,33
R_4	1,69 ± 0,36	1,49 ± 0,36	1,43 ± 0,90	2,05 ± 0,60

Ces résultats concernent uniquement les larves qui n'ont pas changé de stade. Leur analyse statistique montre que l'association de la fraction azotée complexe et du mélange d'acides aminés (milieu M_{III}) améliore très significativement (seuil 1 p. 100) la croissance des larves de premier stade par rapport aux milieux (M_I et M_{II}) qui les contiennent séparément.

2. — *La survie des larves de premier stade*

La survie des larves de premier stade, sans tenir compte de celles qui ont mué, est améliorée, quel que soit le milieu, lorsqu'on la compare à celle obtenue avec des individus maintenus à jeûn. En effet sur les milieux, elle s'échelonne de 2,80 jours à 5,85 jours en moyenne, alors que des individus privés de toute alimentation meurent en 2,25 ± 0,63 jours. Toutefois nous n'avons pas décelé de différence significative entre les milieux.

3. — *Nombre de larves ayant changé*

Les larves élevées sur les milieux M_I et M_{II} sont toutes mortes sans avoir changé de stade. Par contre, avec le milieu M_{III} qui contient à la fois la fraction azotée complexe et le mélange d'acides aminés, nous avons obtenu, en fonction des lots successifs, 5, 3, 2 et 7 larves de second stade. Ces mues sont intervenues en moyenne

6 jours après le début de l'expérience alors que sur l'hôte naturel (*A. fabae*) la durée du premier stade est de 2,30 ± 0,05 jours. Ces larves ont survécu quelques jours, une seule ayant réussi à atteindre le troisième stade.

3. — RÉSULTATS DU DEUXIÈME ESSAI

1. — *Au niveau des larves de premier stade*

Les résultats concernant les larves de premier stade sont présentés suivant le plan expérimental précédemment décrit (tabl. 5).

TABLEAU 5

Résultats obtenus sur le premier stade larvaire (deuxième essai)

Acides aminés	Fraction azotée			
	P_1	P_2	P_3	P_4
a) *Survie moyenne des larves de premier stade en jours* (non compris les larves qui ont changé de stade)				
C_1	4,85 ± 2,10	*7,80* ± 2,42	4,70 ± 2,20	2,62 ± 0,50
C_2	*6,47* ± 2,51	*7,35* ± 1,08	4,22 ± 1,97	2,35 ± 0,95
C_3	*6,00* ± 1,95	4,82 ± 2,10	3,05 ± 1,34	2,37 ± 0,68
b) *Taille moyenne des larves de premier stade à la mort* (en mm, non compris les larves qui ont changé de stade)				
C_1	*1,61* ± 0,30	*1,55* ± 0,20	1,37 ± 0,20	1,24 ± 0,32
C_2	*1,52* ± 0,17	*1,78* ± 0,40	1,35 ± 0,22	1,25 ± 0,02
C_3	1,42 ± 0,17	1,35 ± 0,65	1,17 ± 0,38	1,21 ± 0,33
c) *Pourcentage moyen de mue L_1/L_2 en fonction des milieux*				
C_1	—	—	—	—
C_2	—	22,5 %	5 %	—
C_3	—	3 %	—	—

Les concentrations P_3 (5,2 g/100 cc) et surtout P_4 (10,4 g/100 cc) sont préjudiciables aux larves de premier stade quelle que soit la teneur en acides aminés des milieux correspondants. Pour les milieux C_1 P_4, C_2 P_4 et C_3 P_4, la longévité moyenne

des larves est comparable à celle d'un lot témoin maintenu à jeûn (2,25 ± 0,63 jours). Pour les milieux $C_1 P_3$, $C_2 P_3$ et $C_3 P_3$, la taille moyenne à la mort est identique à celle notée dans le lot témoin (1,22 ± 0,06 mm). Il semblerait donc que les larves ne consomment pas les milieux correspondant à ces concentrations ou, que si elles le font, ils apportent une surcharge toxique de la fraction azotée brute (tabl. 5).

En l'absence d'acides aminés dans un milieu contenant la fraction azotée (milieux $C_1 P_2$, $C_1 P_3$ et $C_1 P_4$) ou en absence de la fraction azotée dans un milieu contenant le mélange d'acides aminés (milieux $C_2 P_1$ et $C_3 P_1$), la première mue larvaire ne se produit pas, confirmant ainsi le résultat établi dans le premier essai, c'est-à-dire l'effet favorable sur la première mue larvaire de l'association de la fraction azotée complexe et du mélange d'acides aminés.

La concentration P_2 (2,6 g pour 100 ml de milieu) confère aux trois critères utilisés des valeurs maximales. Quelle que soit la concentration de la fraction azotée des milieux correspondants, l'efficacité de la concentration C_3 (5,2 g pour 100 ml de milieu) du mélange d'acides aminés est significativement inférieure (seuil 5 p. 100) à celle de la concentration C_2 (2,6 g pour 100 ml de milieu), cette dernière paraissant la meilleure.

En conclusion, le milieu $C_2 P_2$ formé par l'association en quantité égale de la fraction azotée complexe et du mélange d'acides aminés a donné les meilleurs résultats.

2. — *Au niveau des trois autres stades larvaires*

Pour chaque stade, les larves sont élevées jusqu'à la mue correspondante sur le puceron *A. fabae* puis elles sont transférées à jeûn, sur l'un des quatre milieux $C_2 P_1$, $C_2 P_2$, $C_2 P_3$ ou $C_2 P_4$. Leur évolution est ensuite contrôlée quotidiennement.

Le critère gain de poids est employé pour le stade qui reçoit pour la première fois une alimentation artificielle et non pour les stades franchis ultérieurement dans ces conditions alimentaires.

Dans les meilleures conditions, c'est-à-dire avec le milieu $C_2 P_2$, les larves alimentées artificiellement dès le deuxième stade ne dépassent pas le quatrième, les larves ainsi nourries à partir du troisième et du quatrième stade donnent respectivement 17,0 p. 100 et 83,3 p. 100 d'adultes. Lorsque les larves sont élevées sur leur hôte, la mortalité pendant la croissance est insignifiante alors que les larves maintenues à jeûn meurent très rapidement sans jamais muer (tabl. 6).

Quelque soit l'âge des larves au moment où elles sont placées dans les conditions d'alimentation artificielle, la durée moyenne du stade transféré est plus courte avec le milieu $C_2 P_2$. Toutefois cette durée est encore très supérieure à celle obtenue chez des larves recevant une alimentation aphidienne (tabl. 7).

La durée du développement ultérieur sur ce milieu, et à plus forte raison sur les trois autres, est considérablement allongée par rapport à celle de larves témoins nourries avec le puceron *A. fabae*. Mais on a constaté, dans le cas des larves de troisième et de quatrième stade, que la longueur du stade nymphal, 5,00 et 5,38 jours respectivement, n'est pas différente de celle des témoins élevés sur puceron (5,95 ± 0,05 jours).

Le gain de poids en deux et quatre jours est également très inférieur à la normale quelque soit le stade. Il atteint des valeurs maximales avec le milieu $C_2 P_2$. Les larves des trois stades considérés élevées sur le milieu $C_2 P_4$ présentent un gain moyen de

TABLEAU 6

Fréquence d'obtention des différentes mues sur des lots de larves alimentées artificiellement à partir du deuxième (a), *troisième* (b) *et quatrième stade* (c), *exprimée en pourcentage de l'effectif initial*

Mues obtenues	C_2P_1	C_2P_2	C_2P_3	C_2P_4
a) *Pourcentages de mues obtenues à partir des larves de deuxième stade*				
L_2/L_3	3,3	56,7	33,0	3,3
L_3/L_4	—	16,7	13,3	—
L_4/Nymphe	—	—	—	—
b) *Pourcentages de mues obtenues à partir des larves de troisième stade*				
L_3/L_4	16,0	53,0	57,0	23,0
L_4/Nymphe	—	20,0	33,0	—
Nymphe/Adulte	—	17,0	17,0	—
c) *Pourcentages de mues obtenues à partir des larves de quatrième stade*				
L_4/Nymphe	33,3	90,0	80,0	16,6
Nymphe/Adulte	13,3	83,3	73,0	3,3

TABLEAU 7

Durée moyenne (en jours) *du stade au début duquel est opéré le transfert. Les larves ont été élevées jusqu'au deuxième* (L_2), *troisième* (L_3) *et quatrième stade* (L_4) *sur le puceron* A. fabae

Stades	Milieux				Témoins (*A. fabae*)
	C_2P_1	C_2P_2	C_2P_3	C_2P_4	
L_2	8*	6,40 ± 1,21	7,08 ± 2,10	8,00*	2,00 ± 0,02
L_3	12,20*	5,00 ± 0,93	5,53 ± 0,80	8,45*	2,12 ± 0,04
L_4	10,00 ± 2,70	7,50 ± 1,10	8,03 ± 1,30	10,40 ± 1,40	3,91 ± 0,02

* : moyenne sans écart-type, le nombre de larves ayant franchi ce stade étant trop faible.

poids très faible. La présence dans ces lots, de larves qui n'ont pas pris de poids et l'absence totale de fèces dans les boîtes les contenant, nous amènent à penser que ce milieu n'est pas consommé donc que la fraction azotée nuirait, à cette concentration, à l'attractivité et l'appétitivité de cet aliment artificiel (tabl. 8).

TABLEAU 8

Gain moyen de poids (en mg) *du stade au début duquel a été opéré le transfert sur milieux artificiels. Les larves ont été élevées jusqu'au deuxième* (L_2), *troisième* (L_3) *et quatrième stade* (L_4) *sur le puceron* A. fabae

Critères		Milieux				Témoins (*A. fabae*)
Stade	Intervalle de pesées	C_2P_1	C_2P_2	C_2P_3	C_2P_4	
L_2	2 jours	0,06 ± 0,14	*0,29* ± 0,12	0,18 ± 0,07	0,08 ± 0,05	1,65 ± 0,04
	4 jours	0,07 ± 0,15	*0,53* ± 0,28	0,34 ± 0,22	néant	*
L_3	2 jours	1,41 ± 0,47	*2,01* ± 0,91	1,53 ± 0,98	0,84 ± 0,60	5,63 ± 0,18
	4 jours	1,57 ± 0,37	*2,30* ± 1,20	1,84 ± 1,12	0,58 ± 0,20	*
L_4	2 jours	3,40 ± 1,54	*5,48* ± 1,21	4,29 ± 1,12	0,69 ± 0,14	18,06 ± 0,40
	4 jours	4,12 ± 1,15	*8,79* ± 1,01	7,72 ± 1,90	0,44 ± 0,10	24,94 ± 0,57

* : sur ce puceron, les larves ont déjà changé de stade.

Le milieu C_2P_1 dépourvu de la fraction azotée mais contenant 2,6 grammes du mélange d'acides aminés est inférieur aux milieux C_2P_2 et C_2P_3 bien qu'il permette un certain gain de poids. Les larves de quatrième stade paraissent s'en accommoder plus facilement que les autres. Ces larves, en raison peut être des réserves accumulées antérieurement, paraissent mieux utiliser nos milieux.

3. — *Caractères des adultes obtenus à partir des larves de quatrième stade*

Les adultes obtenus à partir des larves de quatrième stade nourries sur les différents milieux artificiels sont morphologiquement normaux. Mais leur poids moyen, 13,76 ± 1,86 mg pour les femelles et 11,76 ± 3,84 mg pour les mâles est significativement inférieur à celui des adultes provenant de larves élevées aux dépens du puceron *Aphis fabae*, 25,31 ± 0,27 mg pour les femelles et 22,45 ± 0,24 mg pour les mâles. Comme l'on retrouve dans ces deux lots la même différence pondérale entre les sexes, il semblerait que les milieux artificiels agissent sur eux de façon comparable.

Contrairement aux adultes obtenus sur pucerons, ces adultes ont des réserves lipidiques peu abondantes et de coloration blanchâtre.

Bien qu'ils soient nourris dès leur émergence avec leur hôte naturel, on observe une certaine mortalité dans les 10 premiers jours qui suivent la mue imaginale : 17,2 p. 100 des mâles et 35,3 p. 100 des femelles respectivement. Chez les adultes provenant de larves élevées dans les mêmes conditions mais avec des pucerons la

mortalité dans ce même intervalle de temps est de 0 p. 100 pour les mâles et de 17,1 p. 100 pour les femelles.

Les adultes survivants ont été répartis en couples avec des partenaires du sexe opposé provenant de larves élevées sur des pucerons vivants. Les mâles issus des milieux artificiels mis en présence de femelles élevées naturellement ont eu une descendance viable, prouvant ainsi qu'ils sont fertiles car une femelle non accouplée pond uniquement des œufs stériles. De même les femelles croisées avec des mâles témoins ont pondu des œufs viables après 8,27 jours en moyenne de maturation sexuelle. Leur ponte moyenne en 10 jours est très hétérogène puisqu'elle s'étale entre 17 et 140 œufs avec comme valeur moyenne 64,8 œufs, des femelles témoins émettent davantage d'œufs (149,1 $\pm$ 11,6) dans ce même laps de temps et la durée moyenne de leur période de maturation sexuelle est de 10,7 ($\pm$ 2,5) jours.

4. — DISCUSSION

Bien que de nombreux insectes puissent être élevés sur des milieux artificiels contenant soit des protéines brutes, soit des acides aminés (HOUSE, 1954 ; BARLOW et KOLLBERG, 1971 ; YAZGAN, 1972) il nous est apparu que, dans le cas de la coccinelle *Adonia 11 notata*, la fraction azotée complexe ou le mélange d'acides aminés pris isolément ne conviennent pas, tandis que leur présence simultanée dans un milieu donne des résultats encourageants : la croissance et le pourcentage de mue des jeunes larves sont améliorés. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer l'effet bénéfique de cette association. Le mélange d'acides aminés peut-être carencé en un ou plusieurs de ses constituants, ou au contraire, peut en contenir certains en excès, ou même peut être rendu toxique par la présence d'isomères D (DL-méthionine, DL-thréonine). Ces défauts seraient alors partiellement corrigés par l'addition de la fraction azotée complexe, qui, par son origine, serait relativement mieux équilibrée. Toutefois, il n'est pas impossible qu'on puisse élever cette coccinelle sur un milieu contenant uniquement des acides aminés comme source d'azote protidique. Cette fraction azotée de son côté, semble à l'origine d'une certaine répulsivité de nos milieux pour l'ensemble des 4 stades larvaires.

Enfin il n'est pas exclu que cette fraction apporte aux milieux, grâce aux extraits de viande et de levures, des substances non protidiques indispensables au développement des larves.

Il semblerait que, pour l'ensemble des 4 stades larvaires 2,6 g (p. 100 ml de milieu) de la fraction azotée et 2,6 g (p. 100 ml de milieu) du mélange d'acides aminés donne les résultats les plus satisfaisants.

Reçu pour publication en septembre 1974.

SUMMARY

ARTIFICIAL DIET FOR THE LARVAE OF APHIDOPHAGOUS COCCINELLID BEETLE, *ADONIA-11-NOTATA* SCHN. (COL. *COCCINELLIDAE*)

The larvae of aphidophagous coccinellid beetle, *Adonia-11-notata* have been reared on the oligidic diet containing particularly, a mixture of 18 amino acids and a complex nitrogenous

fraction. It is shown that the simultaneous presence of these two groups of substances is favourable to the first larval moulting and it improves the size of young larvae. Concentrations of 2.6 g for 100 ml of diet of nitrogenous fraction and of the mixture of amino acids appeared to be favourable for the development. At present, only the larvae fed till third instar on aphid, *A. fabae* SCOP. and then put on these diets are capable of giving adults. The adults obtained from larvae of fourth instar having fed this artificial diet are smaller than that from larvae reared on their natural host. Though certain mortality is occurred during the period following their emergence, these insects are capable of laying eggs when they are fed upon aphids. Their fecundity, during the period observed, shows inferiority in comparison to insects in control.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ATALLAH Y. H., NEWSON L. D., 1966. Ecological and nutritional studies on *Coleomegilla maculata* DE GEER (Col. *Coccinellidae*). I. The development of an artificial diet and a laboratory rearing technique. *J. econ. Ent.*, **59**, 1175-1179.

ATALLAH Y. H., KILLEBREW R., 1967. Ecological and nutritional studies on *Coleomegilla maculata* DE GEER (Col. *Coccinellidae*). IV. Amino acid requirements of the adults determined by the use of ^{14}C labelled acetate. *Ann. Ent. Soc. Am.*, **60**, 186-188.

BARLOW J. S., KOLLBERG S., 1971. An improved chemically defined diet for *Lucilia sericata* (Dipt. *Calliphoridae*). *Can. Ent.*, **103**, 1341-1345.

DOUGHERTY E. C., 1959. Introduction to axenic culture of invertebrate metazoa : A goal. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **77**, 27-54.

HAGEN K. S., 1966. Artificial diet for *Chrysopa carnea* STEPH. Ecology aphidophagous insects. *Proc. Sympos. Liblice near Prague*, 83-87.

HAGEN K. S., TASSAN R. L., 1970. The influence of food wheast and related *Saccharomyces fragilis* yeast product on the fecundity of *Chrysopa carnea*. *Can. Ent.*, **102**, 806-811.

HOUSE H. L., 1954. Nutritional studies with *Pseudosarcophaga affinis* (FALL), a dipterous parasite of the spruce budworm *Choristoneura fumiferana*. I. A chemically defined medium and aseptic culture technique. *Can. J. Zool.*, **32**, 331-341.

ICHIJI OKADA *et al.*, 1971. An artificial rearing of a coccinellid beetle *Harmonia oxyridis* PALLAS, on drone honey bee brood. *Bull. Jap. Agric. Tamagawa*, **11**, 91-97.

IPERTI G., TRÉPANIER BLAIS N., 1972 *a*. Valeur alimentaire des œufs d'*Anagasta kiuehnella* Z. (Lep. *Pyralidae*) pour une coccinelle aphidiphage *Adonia 11 notata* SCHN. (Col. *Coccinellidae*). *Entomophaga*, **17**, 437-441.

IPERTI G., BRUN J., DAUMAL J., 1972 *b*. Possibilité de multiplication des coccinelles coccidiphages et aphidiphages (Col. *Coccinellidae*) à l'aide d'œufs d'*Anagasta kuehniella* Z. (Lep. *Pyralidae*). *Ann. Zool. Écol. anim.*, **4**, 555-567.

MATTI HAMALAINEN, MARTI MARKKULA, 1972. Effect of type of food on fecundity in *Coccinella septempunctata* L. (Col. *Coccinellidae*). *Ann. Ent. Fenn.*, **38**, 195-199.

PONOMAREVA I. A., BEGLYAROV G. A., 1973. Recherche de milieux nutritifs artificiels pour l'élevage de *Chrysopa carnea* STEPH. *Problèmes de protection des végétaux* (1969-1971), **2**, 67-77 (trad.) Kishinev.

SAKURAI H., 1968. Physiological studies on the digestion of coccinellid beetles (Col. *Coccinellidae*) with special reference to their food habits. *Appl. Ent. Zool.*, **3** (3), 130-138.

SING P., 1972. Bibliography of artificial diets for insects and mites. *New Zealand department of scientific and industrial research. Bull.*, **209**, 75 p.

SMIRNOFF W. A., 1958. An artificial diet for rearing coccinellid beetles. *Can. Ent.*, **90** (9), 563-565.

SMITH B. C., 1960. A technique for rearing coccinellid beetles on dry foods and influence of various pollen on the development of *Coleomegilla maculata lengi* TIMB. (Col. *Coccinellidae*). *Can. J. Zool.*, **38**, 1047-1049.

SMITH B. C., 1961. Results of rearing some Coccinellid (*Coleoptera : Coccinellidae*) larvae on various pollens. *Proc. Ent. Soc. Ont.*, **91**, 270-271.

SMITH B. C., 1965 *a*. Growth and development of Coccinellid larvae on dry food (Col. *Coccinellidae*) *Can. Ent.*, **97**, 760-768.

SMITH B. C., 1965 *b*. Effects of food on the longevity, fecundity and development of adult coccinellids (Col. *Coccinellidae*). *Can. Ent.*, **97**, 910-919.

SOGOYAN L. N., 1970. Mise au point de milieux nutritifs pour l'élevage de *Cryptolaemus montrouzieri* MULS. (Col. *Coccinellidae*) et de *Chrysopa carnea* (*Neuroptera, Chrysopidae*). Résumé de thèse (170 p.), Léningrad.

SUNDBY R., 1968. Some factors influencing the reproduction and longevity of *Coccinella septempunctata* L. (Col. *Coccinellidae*). *Entomophaga*, **13**, 197-207.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1975, 7 (1), 13-25.

DÉFINITION ET MISE AU POINT DE MILIEUX ARTIFICIELS POUR L'ÉLEVAGE *IN VITRO* DE *PHRYXE CAUDATA* ROND. (*DIPTERA, TACHINIDAE*)

II. — Croissance et mues larvaires du parasitoïde en milieux définis

S. GRENIER, G. BONNOT et B. DELOBEL
avec la collaboration technique de Josette Guillaud

Laboratoire de Biologie, I. N. R. A., Bât. 406,
Institut national des Sciences appliquées,
20, avenue Albert-Einstein,
69621 Villeurbanne

RÉSUMÉ

L'utilisation de milieux dont la composition est basée sur les analyses protidiques totales des larves de *Phryxe caudata* a permis l'élevage de ce parasitoïde de l'œuf jusqu'au début du dernier stade larvaire. Le tween 80 et le cholestérol sont nécessaires à l'obtention d'une telle croissance. Le problème de la quantité de milieu fourni, de sa qualité et de son oxygénation est discuté. Un certain nombre de faits, et en particulier le caractère anhormonal des milieux utilisés nous conduisent à penser que l' « initiation » de la croissance de ce parasitoïde dépend uniquement de facteurs nutritionnels, protidiques principalement.

I. — INTRODUCTION

L'élevage d'Insectes entomophages qu'on situe assez haut dans la pyramide écologique est toujours complexe. L'utilisation de milieux artificiels permettrait, entre autres, de simplifier ces élevages en supprimant les maillons intermédiaires, végétaux et phytophages par exemple. L'entomophage utilisé dans ce travail est une Tachinaire parasite de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). Ce parasitoïde, élevé depuis plusieurs années sur un hôte de remplacement, *Galleria mellonella* L. (Delobel et Laviolette, 1969), a été largement étudié tant au laboratoire que sur le terrain.

La méthode qui semblait la plus rationnelle pour définir un milieu artificiel d'élevage consistait à copier l'aliment naturel supposé, à savoir l'hémolymphe de l'hôte. Cependant cette première voie de recherche a dû être abandonnée à la suite de plusieurs observations :

— les milieux artificiels calqués sur l'hémolymphe de *G. mellonella* n'ont permis qu'une survie, certes longue, mais sans aucune croissance, en dépit de nombreuses modifications apportées au milieu de base (GRENIER, BONNOT et DELOBEL, 1974) ;

— l'adjonction, aux milieux du type précédent, de poudre acétonique totale extraite de *G. mellonella* peut conduire à un début de croissance. A cause de certaines difficultés matérielles (stérilisation des milieux) et surtout de considérations d'ordre théorique (mauvaise connaissance de la composition exacte de telles préparations) nous n'avons pas approfondi ces résultats ;

— l'observation des larves de *P. caudata* par dissection de son hôte de remplacement révèle une localisation particulière de ces larves dès le début du développement : après avoir passé quelques jours libres dans l'hémocoele elles se rencontrent parmi les lobes du tissu adipeux dans lesquels elles sont souvent complètement enveloppées (GRENIER, DELOBEL et BONNOT, 1974) ;

— enfin, après cette dernière observation nous avons pensé présenter, comme nourriture pour les larves du parasitoïde, le corps adipeux de *G. mellonella*, qui peut être maintenu en culture *in vitro* dans des milieux copiant l'hémolymphe (GRENIER, DELOBEL, BONNOT et LAVIOLETTE, 1974). Dans ces conditions les larves ont commencé leur croissance et sont parvenues au stade II. Mais, contrairement à ce qu'obtient WENT (1971-1973) avec *Heteropeza pygmaea*, dont le développement embryonnaire s'effectue *in vitro* en utilisant, par l'intermédiaire de l'hémolymphe, les réserves des cellules du corps adipeux, le développement de *P. caudata* s'observe seulement lorsque la larve peut attaquer directement l'organe. Les modifications éventuelles du milieu après culture du corps adipeux ne peuvent donc pas expliquer ce déblocage. Il a d'ailleurs été vérifié que, en ce qui concerne les acides aminés, ces modifications sont insignifiantes. Le blocage de la croissance, observé sur des milieux de type hémolymphe, peut donc être levé par la consommation de tissu adipeux.

Ainsi l'hypothèse de l'hématophagie stricte de la jeune larve, admise dans un premier temps, a dû être abandonnée. Un ajustement du milieu d'élevage s'impose donc. Les observations précédentes conduisent naturellement à définir ce milieu à partir de la composition du corps adipeux, ce qui suscite de nouveaux problèmes. En premier lieu, l'analyse du corps adipeux présente de sérieuses difficultés matérielles. De plus, si le corps adipeux semble une nourriture nécessaire, dans certains cas au moins, il n'est pas évident qu'elle soit suffisante. En effet, dans le début du développement, la larve peut également absorber de l'hémolymphe et nous savons que lors de la phase sarcophage tous les tissus sont attaqués. Dans ces conditions il devient difficile de définir avec précision l'aliment naturel de la larve et par là même il est aléatoire d'espérer le succès en tentant de le copier. Aussi avons-nous préféré changer radicalement de méthode. La définition de nos milieux est désormais basée sur les analyses d'hydrolysats de larves du parasitoïde lui-même. La méthodologie particulière que nous avons employée et les résultats sont décrits dans un autre travail (BONNOT, DELOBEL et GRENIER). De nouveaux milieux ont alors été définis et utilisés pour tenter d'obtenir le développement de *P. caudata*.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. — *Les milieux*

Ils sont semblables à ceux qui ne permettent que la survie (GRENIER, BONNOT et DELOBEL, 1974) à l'exception des acides aminés, dont les proportions sont déduites des analyses effectuées à partir de larves de *P. caudata* (BONNOT, DELOBEL et GRENIER, 1974), et des vitamines hydrosolubles dont les doses ont été augmentées.

TABLEAU I

Composition du milieu de base M_1
(en mg pour 100 ml environ de solution finale)

Acides organiques		*L-amino acides*	
ac. malique	33	Asparagine	170
ac. α-cetoglutarique	41	Thréonine	70
ac. succinique	7	Sérine	68
ac. fumarique	7	Glutamine	220
ac. citrique	33	Proline	96
ac. pyruvique	33	Glycine	80
Sucres		Alanine	100
Maltose	1 690	Valine	102
Glucose	113	Méthionine	30
Levulose	45	Cystéine	4
Sels minéraux		Isoleucine	80
NaCl	69	Leucine	120
KCl	90	Tyrosine	70
H_2PO_4	90	Phénylalanine	70
$MgSO_4$, $7H_2O$	417	β-alanine	42
$CaCl_2$	160	Lysine	152
Oligo-éléments		Histidine	76
KI	0,02	Arginine	138
Co $(CH_3CO_2)_2$, $4H_2O$	0,02	Tryptophane	40
Mn $(CH_3CO_2)_2$, $4H_2O$	5,5	Phosphoéthanolamine	2
Cu $(CH_3CO_2)_2$, H_2O	0,2	*Vitamines*	
Fe $(NO_3)_3$, $9H_2O$	8,9	Thiamine (B_1)	0,15
Zn $(NO_3)_2$, $6H_2O$	2,3	Riboflavine (B_2)	1,0
Bases		Pyridoxine (B_6)	0,3
Adénine	6	Cyanocobalamine (B_{12})	0,015
Thymine	6	Biotine (H)	0,04
Guanine	6	Acide ascorbique (C)	8,2
Cytosine	3	Acide nicotinique	4,4
Uracyle	6	Panthotenate de Ca	2,2
Divers		Acide folique	0,11
ATP	65	Inositol	13,1
RNA	100		
Glutathion	11	NaOH-KOH équimolaire q.s.p. pH	6,6
Choline-HCl	100	Eau bi-distillée q.s.p. 390 mOsm	
Glucosamine	40		

Dans un premier temps nous avons utilisé des milieux dont la composition est basée sur celle des larves en début de développement (milieux de type M). Ultérieurement une modification de ce milieu a été apportée en prenant en considération les résultats obtenus avec des larves âgées (milieu N). Les compositions détaillées des milieux testés figurent aux tableaux 1 et 2.

TABLEAU 2

Composition des milieux dérivés du milieu M_1

Milieux	Modifications par rapport au milieu de base M_1 (cf. tabl. 1) (en mg/100 ml)
M_1'	*Idem* M_1, plus : cholestérol (100), vitamine A (2) et vitamine E (2) dans 5 ml d'alcool absolu. (*N. B.* : après filtration et évaporation de l'alcool il reste sans doute peu de cholestérol ; solubilité dans l'eau, 2 mg/litre).
M_2	*Idem* M_1, plus : Tween 80 (100), vitamine A (2) et vitamine E (2), dans 5 ml d'éther.
M_3	*Idem* M_1', plus : Tween 80 (100) dans 5 ml d'éther.
M_4	*Idem* M_1', plus : cholestérol (50) et Tween 80 (100) dans 5 ml d'éther.
N	*Idem* M_1, sauf : tyrosine ramenée à 20 mg ; phénylalanine portée à 125 mg ; β-alanine portée à 80 mg ; et plus : cholestérol (50), Tween 80 (100), vitamine A (2) et vitamine E (2), dans 5 ml d'éther.

2. — *Le mode de culture*

L'obtention des larves et leur transplantation s'effectuent selon des techniques déjà décrites (GRENIER, BONNOT et DELOBEL, 1974). Seuls les récipients de culture sont différents : en plus des boîtes de Pétri recevant des gouttes de milieu d'environ 50 µl nous avons eu recours à des cuvettes pour microscopie (« salières ») et à divers autres récipients en matières plastiques thermoformées ou usinées. Ces containers sont destinés à recevoir des quantités de milieu plus importantes, jusqu'à 0,5 ml, tout en permettant un isolement rigoureux des larves.

3. — *Appréciation de la croissance*

L'observation et la mensuration des larves à la loupe binoculaire permettent l'estimation de leurs tailles (GRENIER, DELOBEL et BONNOT, 1974). En ce qui concerne les asticots dont le poids est supérieur à 0,3 mg, cette méthode n'est pas rigoureusement exacte, mais elle donne une approximation suffisante.

III. — RÉSULTATS

Les données numériques sont représentées sur les figures 1 et 2. Nous avons pris comme point de comparaison les croissances observées sur l'hôte de remplacement *G. mellonella* (GRENIER, DELOBEL et BONNOT, 1974). Les courbes de la

figure 1 représentent l'évolution, par stade, des moyennes journalières de poids pour chaque lot de larves placées dans les milieux M_1, M_2, M_3 et M_4. Les moyennes sont obtenues par mensuration d'environ un quart de l'effectif chaque jour (1). Les courbes de référence (en tirets) sont celles représentant la répartition des poids moyens des larves en fonction de leur âge sur les deux types d'hôtes. Les courbes

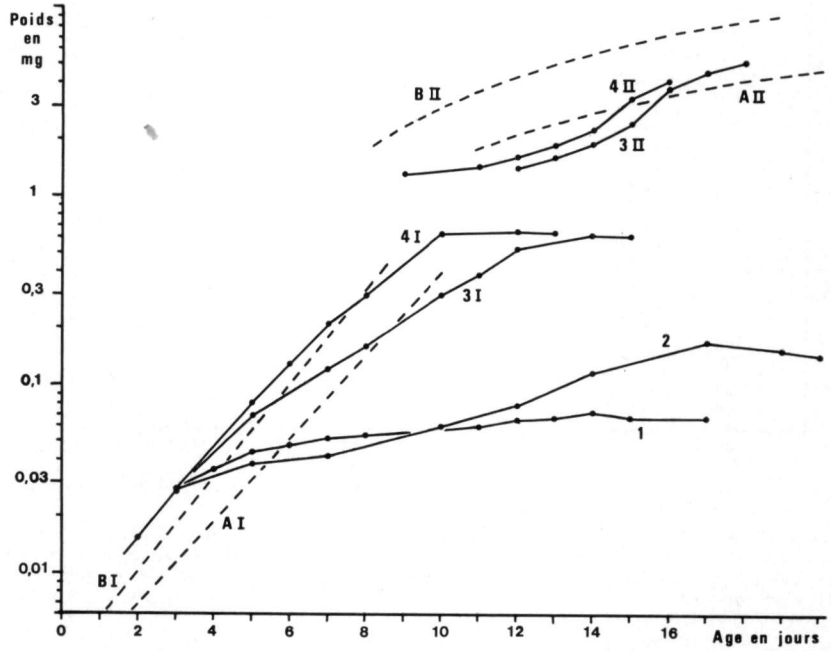


FIG. 1. — *Évolution pondérale moyenne des larves de stades I et II de* Phryxe caudata, *en fonction de leur âge, dans différents milieux*

1 : milieux M′ ou M_1' 3 : milieu M_3
2 : milieu M_2 4 : milieu M_4

Les courbes en tirets représentent les résultats homologues obtenus dans *Galleria mellonella* parasitée au début du dernier stade larvaire (A) et au maximum de poids (B)

de la figure 2 représentent des valeurs individuelles traduisant l'évolution pondérale de cinq larves prises parmi celles mesurées le plus souvent. Ces cinq larves permettent de visualiser la variabilité du phénomène de croissance observé dans le milieu M_4. Le cas de la larve 5 est le plus fréquent alors que celui de la larve 1 est exceptionnel. Dans cette figure nous avons pris comme références les courbes de croissance globales obtenues chez *G. mellonella*. Ces courbes, qui sont tracées en prenant en compte l'ensemble de la population sans distinction de stade, peuvent être considérées comme représentant la croissance pondérale d'un individu moyen théorique.

(1) Pour être convenablement mesurées, les larves doivent se présenter en extension et perpendiculairement à l'axe d'observation. Ces conditions ne sont évidemment réalisées que de façon aléatoire, de sorte que certaines larves seulement peuvent être mesurées chaque jour.

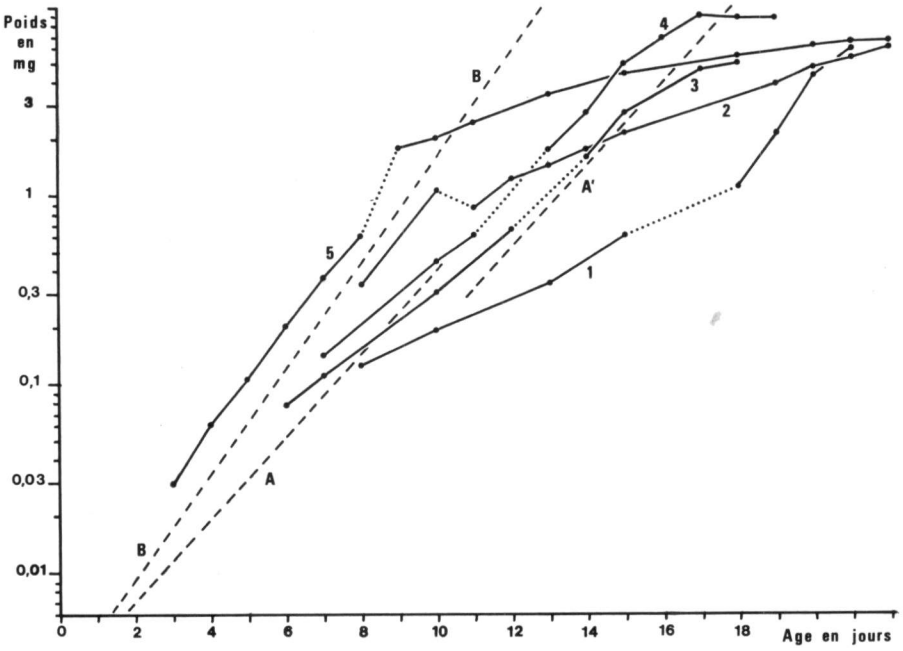


FIG. 2. — *Croissance pondérale individuelle de cinq larves* (1, 2, 3, 4 et 5) *de* Phryxe caudata *en fonction de leur âge, dans le milieu* M_4

Les zones pointillées des courbes en trait plein figurent le passage du stade I au stade II. Les droites en tirets représentent les résultats obtenus dans *Galleria mellonella* parasitée au début du dernier stade larvaire (A et A') et au maximum de poids (B) ; ces droites, calculées à partir de l'ensemble de la population larvaire peuvent être considérées comme représentatives de l'évolution pondérale d'un individu moyen (cf. texte).

1. — *Milieu à composants hydrosolubles seuls* (M_1)

Il permet une croissance très rapide des larves dans les quatre premiers jours, mais ensuite, le poids de ces dernières plafonne rapidement (courbe 1, fig. 1). Pour les différents essais la moyenne la plus forte est de 75 µg, les valeurs individuelles maximales pouvant atteindre 120 µg, et ceci en une douzaine de jours. Ces résultats portent sur 170 larves.

2. — *Adjonction de cholestérol*

La présence de cholestérol dans le milieu M'_1 ne modifie pas les résultats obtenus avec le milieu M_1 : la courbe de croissance est identique à la courbe 1 (fig. 1). Cet essai porte sur 54 larves.

3. — *Adjonction de tween 80* (milieu M_2)

Le tween 80 permet, à lui seul, une amélioration des performances du milieu de base : les larves ont une croissance prolongée qui les conduit à un poids moyen de 160 µg avec des maxima individuels atteignant 250 µg en 17 jours (courbe 2, fig. 1). Sur les 53 larves observées aucune n'est passée au stade II dans un tel milieu.

4. — *Milieux avec tween 80 et cholestérol*

a) *Milieux M_3 et M_4.*

La présence simultanée du tween 80 et du cholestérol permet de franchir un pas décisif dans le développement du parasitoïde (Pl. I, 1). En effet, dans ces milieux, les larves au stade I ont une croissance tout à fait comparable, aussi bien en moyenne (courbes 3 et 4, fig. 1) que prises individuellement (fig. 2) à celle obtenue dans *G. mellonella*. La latence initiale que l'on observe *in vivo* semble même pratiquement inexistante *in vitro*. La mue s'effectue normalement, à un poids d'environ 1 mg, avec un pourcentage de réussite approchant 100 p. 100 dans certains essais. Les phénomènes accompagnant l'exuviation pourraient se dérouler, comme le montre la courbe 2 de la figure 2, selon un processus déjà envisagé, avec absorption de liquide avant l'exuviation et rejet partiel immédiatement après.

La croissance du stade II est proche de celle obtenue dans les *G. mellonella* parasitées au début du dernier stade larvaire. Les moyennes de poids des stades II (fig. 1) sont comparables au témoin ; mais les courbes individuelles (fig. 2) montrent que la mue I-II coïncide, le plus souvent, avec un ralentissement de la croissance. Cependant, la croissance se poursuit, plus ou moins rapidement, et on assiste aux préparatifs de la mue II-III : il s'agit essentiellement de la formation de la nouvelle paire de mandibules qui peut débuter lorsque la larve pèse environ 5 mg (Pl. I, 3). Ces préparatifs qui peuvent paraître précoces, puisque l'ecdysis [1] intervient normalement vers 10 mg, ne sont pas surprenants. En effet, comme plusieurs auteurs le mentionnent, la mue est un processus lent et il est fréquent chez les asticots de Tachinaires de voir coexister longtemps deux paires de mandibules bien mélanisées (HAWBOLDT, 1947). L'apolysis [1] semble donc naturellement précéder de plusieurs jours l'ecdysis.

Sur les 93 larves suivies, nous avons obtenu de nombreuses « larves III pharates [1] » et quelques-unes ont atteint des poids de l'ordre de 7 à 8 mg, mais le rejet de la cuticule du stade II n'a pas eu lieu. Elles meurent presque toujours faute d'une quantité suffisante de milieu (cf. discussion).

b) *Milieu N.*

Les résultats précédents ainsi que d'autres considérations nous ont amenés à essayer un autre milieu grâce auquel nous avons pu obtenir le stade III (Pl. I, 2). Malheureusement le développement ne s'est pas poursuivi au-delà pour les mêmes raisons que précédemment.

IV. — DISCUSSION

Les milieux copiant l'hémolymphe, utilisés auparavant (GRENIER, BONNOT et DELOBEL, 1974) n'ont jamais permis la croissance de *P. caudata*. Au contraire, avec les milieux testés ici, qui ne diffèrent des précédents qu'au niveau des acides aminés et des vitamines hydrosolubles, une croissance manifeste a été obtenue.

[1] L'acception de ces termes est celle de HINTON, 1971.

Les modifications des vitamines ne portent que sur une augmentation de leurs concentrations et ne sauraient à notre avis expliquer l'amélioration aussi radicale observée. En effet, les milieux de type hémolymphe n'étaient pas carencés en vitamines si on se réfère aux données de la littérature. Les essais effectués permettent de discuter plusieurs problèmes et en particulier le rôle du tween 80 et du cholestérol, et l'influence de la quantité et de la qualité des milieux sur la croissance des larves.

1. — *Rôle du tween 80 et du cholestérol*

Les milieux utilisés permettent tous, même sans liposolubles, au moins un début de croissance. La seule présence de tween améliore cette croissance. Deux explications peuvent être avancées : soit cet agent tensioactif, en améliorant la dispersion, rend plus accessibles et permet une meilleure utilisation de certaines substances peu hydrosolubles, soit il est lui-même métabolisé, ce qui permettrait ainsi un apport d'acide oléique au régime de la larve (1). Il n'est pas exclu d'ailleurs que les deux phénomènes interviennent.

Le cholestérol, seul, ne modifie pas la croissance des larves qui reste, comme en son absence, très limitée (courbes 1, fig. 1). Par contre, la présence simultanée de tween 80 et de cholestérol permet d'obtenir une croissance quasi normale du stade I et le passage au stade II dans des délais convenables. De très faibles quantités de cholestérol sont suffisantes comme le montre la comparaison des résultats obtenus avec les milieux M_1 et M_3. En effet, M_3 ne diffère de M'_1 que par l'adjonction de tween 80. Tout se passe donc comme si le tween 80 rendait utilisable par la larve le cholestérol préexistant dans le milieu. Par contre, l'effet favorable du tween 80 lui-même (courbe 2, fig. 1) ne suffit pas à expliquer totalement l'amélioration (courbes 1 et 3, fig. 1).

De plus, si de très faibles quantités de cholestérol sont nécessaires, elles semblent suffisantes pour assurer le début du développement comme le montre la comparaison des courbes 3 et 4 (fig. 1). La croissance sur milieu riche en cholestérol est un peu plus rapide mais il n'y a aucune différence dans le résultat final : le poids maximum atteint par les larves au stade II est du même ordre dans les milieux M_3 et M_4. HOUSE (1954) obtient des résultats semblables avec *Agria housei* SHEWELL : le cholestérol, ajouté avec du tween 80, est nécessaire à la croissance normale de la larve, mais l'effet de son omission est cependant plus tardive, ne se manifestant notablement qu'à partir du deuxième stade. L'action favorable du cholestérol pourrait s'expliquer par son rôle dans l'anabolisme hormonal.

Il faut remarquer que dans notre expérience il n'est pas possible de dissocier l'effet éventuel des vitamines A et E de celui du cholestérol.

2. — *Problèmes posés par la larve ayant atteint le stade II*

Comme le révèlent les courbes de la figure 2, dès le passage au deuxième stade, ou peu après, les larves ne croissent plus sur le même rythme qu'auparavant. Il faut donc admettre que le milieu (au sens large du terme), qui semble parfaitement

(1) En effet, tween 80 = polysorbate monoleate.

convenable pour le stade I, ne l'est plus pour le stade II. Pour expliquer cette inadéquation on peut formuler plusieurs hypothèses, lesquelles ont suggéré différents remèdes.

a) *Quantité de milieu liquide disponible.*

Les larves qui parviennent au stade II manquent de milieu nutritif. Il est bien évident en effet qu'avec les gouttes initialement disposées dans les boîtes de Pétri, à partir d'une certaine taille, l'asticot n'est plus entouré que d'une faible quantité d'un milieu qui, de ce fait, s'est profondément modifié. Ainsi l'analyse du milieu M_4 dans lequel une larve de 1,6 mg a séjourné 20 jours révèle un appauvrissement considérable en acides aminés : les concentrations sont, selon les acides aminés considérés, de 3 à 100 fois inférieures à celles d'origine.

Le remède le plus simple consiste à rajouter du milieu mais, comme le laissent entrevoir les analyses précédemment citées, l'apport de milieu neuf entraîne un choc osmotique important qui est toujours fatal à la larve. Il faudrait donc effectuer cet apport plus tôt, ou mieux, mettre d'emblée à la disposition de la larve une quantité de milieu suffisante. Ceci fait malheureusement surgir un autre problème.

b) *Échanges respiratoires de la larve.*

La croissance de la jeune larve est fortement ralentie sinon inhibée dans les cuvettes pour microscopie recevant jusqu'à 0,5 ml de milieu ou dans tout autre récipient lorsque la hauteur de liquide est trop importante. Dans l'état actuel de nos connaissances, seule une gêne respiratoire nous semble constituer une explication plausible. Si on applique à *P. caudata* les résultats obtenus sur *Calliphora erythrocephala* (DAHLHELM, 1973 ; MEYER et SCHAUB, 1973) dont la consommation en oxygène se situe aux environs de 0,04 ml/mg de poids frais/jour, l'espace vital nécessaire devient très rapidement grand lorsque la larve grossit. Pour les petites larves les quantités d'air présentes sont suffisantes quelles que soient les enceintes. Toutefois, étant donné que les larves sont situées sur le fond des récipients de culture, elles ne peuvent tirer leur O_2 que du milieu nutritif. Dans ces conditions, il importe que l'oxygénation de ce dernier soit suffisante. Ceci ne semble se réaliser que lorsque la couche de liquide au-dessus de la larve est faible, de l'ordre de un ou deux millimètres.

Remarquons à ce propos qu'il serait intéressant de connaître exactement la solubilité de l'O_2 dans nos milieux qui sont plutôt réducteurs étant donné leur composition.

De toute façon, dans l'optique de l'élevage des larves jusqu'à leur maturité, il est nécessaire d'assurer convenablement leurs échanges respiratoires en utilisant des enceintes non étanches ou de volume suffisant.

L'utilisation de milieux gélosés pourrait apporter une solution convenable au problème des exigences respiratoires des larves ; en effet dans de tels milieux, la larve pourrait demeurer à proximité de la surface. Cependant les mauvais échanges respiratoires ne semblent pas être le seul facteur limitant de la croissance de *P. caudata*.

c) *Exigences nutritionnelles de la larve au cours de son développement.*

Les milieux de type M avaient été conçus pour les larves en début de développement ; il n'est donc pas surprenant de constater qu'ils soient mal adaptés pour

les larves de stade II. En effet, comme il a été montré, la composition des larves en acides aminés variant en fonction de leur poids, on peut penser que les besoins nutritionnels évoluent et deviennent nettement différents à partir du deuxième stade (BONNOT, DELOBEL et GRENIER).

En particulier, les larves en fin de développement montrent une grande richesse en certains acides aminés tels la tyrosine et la β-alanine. C'est pourquoi nous avons envisagé d'augmenter les concentrations de ces deux substances. La faible solubilité de la tyrosine nous a conduits à utiliser, en complément, de la phénylalanine, précurseur généralement admis de la tyrosine (milieu N, cf. tabl. 2). Avec ce milieu une légère amélioration est obtenue puisque la mue II-III a pu se réaliser. Le développement ne va guère au-delà en raison de la faible quantité de milieu initiale.

La satisfaction simultanée des exigences respiratoires et nutritionnelles des larves, contradictoires quant à la quantité de milieu nécessaire, pourrait être obtenue en effectuant un apport régulier de milieu neuf. Mais pour éviter, entre autres, les variations brusques de la pression osmotique, il conviendrait de faire cette opération fréquemment, quasi quotidiennement. Une telle fréquence entraîne des risques de contamination considérables puisque nos milieux ne comportent aucun bactériostatique. Nous préférerions donc ne pas avoir recours à une telle méthode.

Une autre solution consiste à utiliser des milieux gélosés permettant de fournir d'emblée, sans inconvénient pour la jeune larve, une quantité de milieu importante. Ce type de milieu est très utilisé dans l'alimentation artificielle des Insectes et c'est dans un tel milieu que YAZGAN (1970) a élevé l'Ichneumonide parasite *Itoplectis conquisitor*. Des essais préliminaires d'utilisation de milieux gélosés n'ont pas apporté d'amélioration sensible. D'ailleurs dans le cas de *P. caudata* cette méthode ne résout pas le problème de l'évolution des besoins nutritionnels en fonction de l'âge. Il faudra alors envisager, comme le suggèrent les résultats analytiques (BONNOT, DELOBEL et GRENIER), l'utilisation de plusieurs milieux successifs.

3. — *Comparaison entre alimentations artificielles et naturelles*

Il est intéressant de rapprocher les résultats obtenus avec différents milieux artificiels des observations faites sur les hôtes vivants *T. pityocampa* et *G. mellonella*.

Lorsque *P. caudata* parasite *G. mellonella*, on note une phase de latence initiale courte (1 ou 2 jours) avant le début de la croissance. Lors du parasitisme de *T. pityocampa*, BILIOTTI (1956) rapporte que la jeune larve demeure, dans un premier temps, libre dans l'hémolymphe, semblant s'en alimenter puisque son tube digestif se colore, mais ne croît pas. Parallèlement, dans les milieux copiant l'hémolymphe, on retrouve une absence de croissance avec prise de nourriture, assimilable à la phase hématophage rencontrée dans l'hôte naturel.

Le début de la croissance rapide dans *T. pityocampa* coïnciderait avec le développement du corps adipeux de la chenille (BILIOTTI, 1956) ou avec la modification de structure du corps adipeux de la chrysalide (DEMOLIN G. comm. person.). De même, dans les milieux copiant l'hémolymphe, la croissance est obtenue par adjonction de corps adipeux de *G. mellonella* à condition qu'il soit attaqué.

De ces observations il ressort que l'hématophagie semble liée à une absence de croissance.

De plus, comme nous l'avons vu dans le présent travail, la modification de la

composition protidique des milieux qui n'autorisaient qu'une survie, permet, à elle seule, d'obtenir une croissance sans latence initiale de la larve néonate.

Enfin il faut remarquer que tous les milieux artificiels utilisés sont anhormonaux. Ainsi, on doit admettre que l' « initiation » de la croissance ne dépend que de facteurs nutritionnels et non directement de facteurs hormonaux.

CONCLUSION

Jusqu'ici l'utilisation de milieux artificiels définis n'avait permis d'obtenir que la survie de *P. caudata*. Grâce aux nouveaux milieux testés dans ce travail nous avons pu assister *in vitro* à la plus grande partie du développement larvaire du parasitoïde. Les larves du dernier stade obtenues, qui par rapport à la néonate ont déjà multiplié leur poids par 1 500 environ, n'ont plus guère qu'à le multiplier par 3 ou 4 pour atteindre le poids des larves matures de taille moyenne.

Reçu pour publication en juillet 1974.

SUMMARY

SYNTHETIC MEDIA FOR *IN VITRO* REARING
OF *PHRYXE CAUDATA* ROND. (*DIPTERA, TACHINIDAE*).
II. — GROWTH AND LARVAL MOULTINGS OF THE PARASITOID IN DEFINED MEDIA

Synthetic media, the composition of which is based upon protidic analysis of whole larvae of *Phryxe caudata* have allowed the growth of that parasitoïd from egg to the beginning of last instar. Addition of tween 80 and cholesterol is necessary for such a growth.

The problems of medium quantity, quality and oxygenation are discussed.

Some datas, especially the absence of hormones in the media, lead us to think that the initiation of the growth of that parasitoïd is only under the dependence of nutritional factors (mainly protids).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BILIOTTI E., 1956. Biologie de *Phryxe caudata* RONDANI (*Dipt. Larvaevoridae*) parasite de la chenille processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF.). *Rev. Path. vég. Entomol. agric.*, **35**, 50-65.

BONNOT G., DELOBEL B., GRENIER S. Composition corporelle en acides aminés du parasitoïde *Phryxe caudata* ROND. (*Diptera, Tachinidae*) au cours de sa croissance larvaire. *J. Insect. Physiol.* (sous presse).

DAHLHELM D., 1973. Untersuchungen zum Sauerstoffverbrauch der Larve von *Calliphora erythrocephala* MEIG. *Biol. Zbl.*, **92**, 179-192.

DELOBEL B., LAVIOLETTE P., 1969. Élevage de *Phryxe caudata* ROND. (*Larvaevoridae*) parasite de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. sur un hôte de remplacement : *Galleria mellonella*. *C. R. Acad. Sci.* Sér. D, **268**, 2436-2438.

GRENIER S., BONNOT G., DELOBEL B., 1974. Définition et mise au point de milieux artificiels pour l'élevage *in vitro* de *Phryxe caudata* ROND. (*Diptera Tachinidae*). I. Survie du parasitoïde sur milieux dont la composition est basée sur celle de l'hémolymphe de l'hôte. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **6**, 511-520.

GRENIER S., DELOBEL B., BONNOT G., 1974. Développement et croissance pondérale de *Phryxe caudata* ROND. (*Diptera, Tachinidae*) sur *Galleria mellonella* L. (*Lepidoptera*). Influence de l'âge de l'hôte. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **6**, 61-79.

GRENIER S., DELOBEL B., BONNOT G., LAVIOLETTE P., 1974. Persistance des activités enzymatiques du corps adipeux de *Galleria mellonella* L. (*Lepidoptera*) en milieux définis. *C. R. Acad. Sci.* Sér. D, **278**, 2545-2548.

HAWBOLDT L. S., 1947. *Bessa selecta* (MEIGEN) (*Diptera : Tachinidae*) as a parasite of *Gilpinia hercyniae* (HARTIG) (*Hymenoptera : Diprionidae*). *Can. Entomol.*, **79**, 84-104.

HINTON H. E., 1971. Some neglected phases in metamorphosis. *Proc. R. ent. Soc. Lond.* (C), **35**, 55-64.

HOUSE H. L., 1954. Nutritional studies with *Pseudosarcophaga affinis* (FALL.) a dipterous parasite of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (CLEM.). IV. Effects of ribonucleic acid, glutathione, dextrose, a salt mixture, cholesterol, and fats. *Can. J. Zool.*, **32**, 358-365.

MEYER S. G. E., SCHAUB G., 1973. Der respiratorische Stoffwechsel von Calliphoriden Larven in Beziehung zu Temperatur Adaptation und Regulation. *J. Insect Physiol.*, **19**, 2183-2198.

WENT D. F., 1971. *In vitro* culture of eggs and embryos of the viviparous paedogenetic gallmidge *Heteropeza pygmaea*. *J. exp. Zool.*, **177**, 301-312.

WENT D. F., 1973. *In vitro* culture of Gall Midge Ovaries : a new system for studying developmental and degenerative processes. *Biol. Zbl.*, **92**, 37-40.

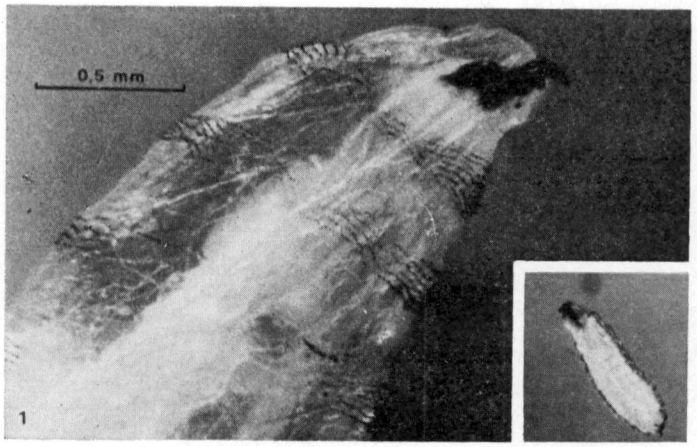
YAZGAN S., 1972. A chemically defined synthetic diet and larval nutritional requirements of the endoparasitoid *Itoplectis conquisitor* (*Hymenoptera*). *J. Insect. Physiol.*, **18**, 2123-2141.

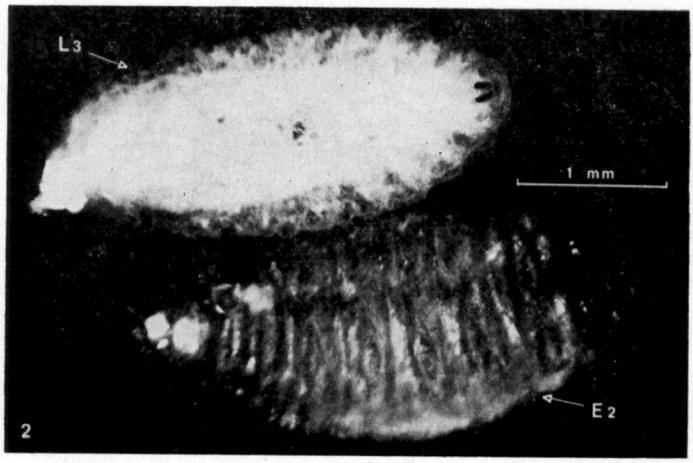
PLANCHE I

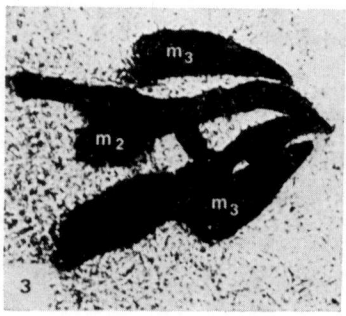
1 : partie antérieure d'une larve de stade II de *Phryxe caudata* obtenue en milieu M_4, avec en cartouche, une larve néonate à la même échelle.

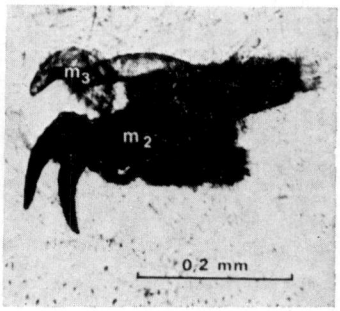
2 : Larve de stade III (I, 3) de *Phryxe caudata* obtenue dans le milieu N à côté de l'exuvie (E 2) qu'elle vient de quitter.

3 : armature buccale de larves de stade II de *Phryxe caudata* (m_2) avec les ébauches plus ou moins avancées des crochets buccaux du stade III (m_3).









S. GRENIER, G. BONNOT et B. DELOBEL

Ann. Zool. - Écol. anim., 1975, 7 (1), 27-44.

ÉTUDE DES RELATIONS SYNÉCOLOGIQUES ENTRE LES NÉMATODES ET LA FOURMI-MANIOC : *ACROMYRMEX OCTOSPINOSUS* REICH.

A. KERMARREC
avec la collaboration technique de A. ANAIS et H. MAULÉON

Station de Zoologie et de Lutte biologique,
Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane, I. N. R. A.,
97170 Petit-Bourg (Guadeloupe)

RÉSUMÉ

Une analyse de la nématofaune de la terre des nids d'*Acromyrmex octospinosus*, ainsi que celle du jardin cultivé et des corps des ouvrières, permet de définir les relations synécologiques entre ces deux groupes animaux. Les nématodes, bien qu'attirés par la meule, ne peuvent s'y développer en présence des ouvrières. Les barrières sont d'ordres mécanique, chimique et biologique. Les infestations artificielles à hautes doses sont également sans effet. La lutte biologique à l'aide d'helminthes se révèle difficile.

INTRODUCTION

Les sociétés de fourmis possèdent des liens parfois très particuliers avec le reste de la faune du biotope de nidification dont les composants peuvent être rangés en myrmécophiles et en indifférents. Parmi les myrmécophiles, WASSMANN (1894) a créé cinq groupes selon le caractère et l'intensité des rapports : les *synechtres* ou prédateurs, les *synoecètes* ou commensaux tolérés, les *trophobiontes* qui forment le bétail de certaines fourmis, les *symphiles* élevés par les fourmis et accusant une adaptation morphologique poussée, et enfin les *parasites*. Ce dernier groupe est celui qui possède le spectre taxinomique le plus large réunissant des helminthes (trématodes, nématodes et nématomorphes), des arachnides, des insectes coléoptères, diptères et hyménoptères.

La seule attine champignonniste des Antilles Françaises : *Acromyrmex octospinosus* est d'introduction récente : elle fut mise en évidence il y a une vingtaine d'années dans une aire très limitée autour de Morne-à-l'Eau en Grande terre de Guadeloupe. Bien que couvrant actuellement la presque totalité de cette partie calcaire de l'île,

très peu de données sont acquises en ce qui concerne ses relations synécologiques avec les autres composants de la zoocénose.

L'objet de cette étude est de définir les liens qui peuvent exister entre ces sociétés terricoles évoluées d'une part et la nématofaune environnante d'autre part qui est dense, diversifiée et omniprésente.

Ces observations écologiques seront faites dans un but bien défini : la recherche d'organismes parasites dont la mise en évidence rendrait possible la conception d'une méthode de lutte biologique contre cette fourmi défoliatrice.

L'existence de relations étroites entre helminthes et fourmis, pouvant déboucher sur un parasitisme vrai, est connue au moins depuis JANET (1893) qui étudia les nématodes rhabditides (*Caenorhabditis dolichura*) des glandes pharyngiennes de *Formica* spp. Ces travaux furent repris et développés par WAHAB (1962). Cet auteur montra définitivement que la présence de *Rhabditis janeti* (= *Caenorhabditis dolichura*), ainsi que celles de *Diploscapter lycostoma, Pristionchus lheritieri* et *Eudiplogaster histiophanes* dans les têtes de fourmis appartenant à 25 espèces différentes, n'était que d'ordre phorétique. Le troisième stade larvaire de ces rhabditides, adapté à l'attente, est le seul à être transporté.

Depuis JANET, divers auteurs ont analysé l'incidence des mermithides sur la biologie des fourmis : CRAWLEY et BAYLIS (1921), VANDEL (1930 *a*), WHEELER (1907-1928), GOSSWALD (1929-1930-1938), DOLLFUS (1945) et KLOFT (1949-1950). Ces nématodes particuliers par leur anatomie et leur mode de vie, font partie de l'ordre des *Trichosyringida* et leur présence entraîne des modifications tératologiques créant des intercastes. BAZIRE (1962) a montré que des déformations parasitaires pouvaient également être dues à une phoride sur *Atta cephalotes*.

Mis à part ces travaux, ainsi que le nôtre (KERMARREC et MAULEON, 1974) concernant le parasitisme de *Neoaplectana carpocapsae* sur *Acromyrmex octospinosus* et dont nous rappellerons ci-après les principaux points, peu de choses sont connues sur les relations entre fourmis et helminthes. Citons toutefois le travail de TIMON-DAVID (1968) sur le rôle d'hôte intermédiaire obligatoire joué par *Formica rufa* dans la transmission de la petite douve du mouton : *Dicrocoelium lanceolatum* (= *dendriticum*). La cercaire de ce trématode (plathelminthe) s'enkyste dans l'hœmocœle de la fourmi qui sera ingérée avec l'herbe broutée par les moutons au pâturage.

Après avoir sommairement présenté la société des fourmis champignonnistes, nous décrirons la nématofaune qui la cerne ainsi que le type de relations que l'on peut rencontrer dans la nature ou créer au laboratoire. Leur causalité sera recherchée sous différents angles afin de tenter une première approche explicative.

I. — LA SOCIÉTÉ CHAMPIGNONNISTE DE *ACROMYRMEX OCTOSPINOSUS*, SON NID, SES COMPORTEMENTS PARTICULIERS ET SON ORGANISATION DÉFENSIVE

Une symbiose au niveau biochimique (MARTIN et MARTIN, 1970) lie l'attine au champignon qu'elle cultive : *Pholiota* (= *Rozites*) *gongylophora*. Des morceaux de feuilles sont apportés au nid souterrain par les ouvrières pour y subir un véritable

compostage avant d'être inoculées avec le basidiomycète et ajoutées à la meule.

La meule de champignon a une structure alvéolaire et contient le couvain et la reine. La polygynie, bien que peu fréquente, existe : nous avons trouvé jusqu'à 6 reines dans la même masse fongique. Cette masse occupe une caverne souvent creusée sous une roche ou une souche d'arbre, aux parois de terre lissée et au plancher généralement constitué par un caillebottis de pierraille calcaire et de coquilles de mollusques. Le volume interne de la caverne peut atteindre quelques dizaines de litres dans les vieux nids et la masse fongique y est souvent en contact direct avec les parois : nous avons rencontré des nids dans une zone argileuse où il suffisait de gratter l'horizon superficiel pour mettre en évidence le champignon. Il n'y a donc pas d'isolement particulier de la culture par rapport à la microfaune tellurique environnante.

Deux comportements sociaux particuliers nous intéressent. A l'entrée de la caverne on remarque en permanence une dizaine d'ouvrières qui constituent en fait une véritable conciergerie et dont un des rôles est certainement la filtration des matériaux et individus pénétrant dans le nid. En effet, une baguette, un insecte quelconque, une fourmi de la même espèce mais d'un autre nid ou encore une ouvrière du nid mais souillée d'une certaine manière, sont aggressés avec détermination. Les attines doivent leur survie à la position cataleptique fœtale et réflexe qu'elles prennent dès que la lecture antennaire des sentinelles a déclenché la morsure d'un de leur membre, antenne ou de leur pétiole. Les intruses se trouvent dès lors tirées et jetées vivantes dans la décharge de la société qui se trouve aux alentours du nid.

La seconde observation concerne cette décharge où se trouvent entassés des fragments de compost usé et les cadavres des ouvrières. Ce cimetière poubelle n'est pas un lieu délaissé : des ouvrières y mènent une activité intense de tri ou de structuration inexpliquées. Cette dépendance de la société est connue pour héberger une méso et microfaune denses (WEBER, 1955 *b*, 1956 *a*, 1957, 1963 et AUTUORI, 1971). Ces auteurs signalent la présence de nématodes en ce lieu mais sans autres détails faunistiques.

II. — ÉTUDE DE LA MICROFAUNE ASSOCIÉE AU NID ET ANALYSE DÉTAILLÉE DE LA NÉMATOFAUNE

La description de la microzoocénose en relation avec la société d'*Acromyrmex octospinosus* sera présentée en plusieurs parties : celle de la meule de champignon cultivé, celle de la décharge, celle des parois du nid et enfin celle portée par les fourmis elles-mêmes.

A. — *La microfaune associée à la meule*

La meule de champignon présente une masse volumique de 0,15 g/ml et un taux d'eau de 180 p. 100. L'humidité relative de l'atmosphère interne aux alvéoles est très probablement saturante. La température reste voisine de celle de la tranche de sol concernée et les réactions biochimiques qui y ont lieu (évolution du substrat, activité des ouvrières), n'influent que dans une faible mesure.

Une combinaison de trois méthodes d'extraction est employée pour la mise en évidence de la microfaune : la méthode de l'entonnoir de BAERMANN (1917) pour les helminthes, l'entonnoir de BERLESE pour les micro-arthropodes et une macération de 24 h pour les protistes.

Le résultat de ces analyses se trouve entâché, malgré toutes les précautions, par les inévitables souillures de terre lors du prélèvement des meules dans la nature.

a) *Les helminthes.*

TABLEAU I

*Recherche des helminthes dans les meules de champignon des nids d'*A. octospinosus
Le nombre de nids prélevés est indiqué entre parenthèses

	Nids morts		Nids vivants (34)
	Traités au Mirex (1) (4)	Morts naturelles (2)	
Pourcentage avec nématodes	100	100	5
Densité	Plusieurs milliers de nématodes saprophages et carnivores		Une dizaine de saprophages
Autres helminthes	Présence de turbellaries rhabdocoeles		Néant

(1) Insecticide organochloré présenté sous forme de granulés attractifs et utilisé actuellement dans la lutte contre les attines champignonnistes.

Il y a une nette dominance de formes rhabditides à stomas étroits et longs (*Rhabditis* au sens large) dans les nids vivants, mais 95 p. 100 de ceux-ci sont indemnes d'helminthes. Dans les nids tués et abandonnés, les formes *Rhabditis* et *Diplogaster* dominent à côté de : *Diploscapter, Diplogostrellus, Panagrolaimus, Cephalobus, Alaimus, Dorylaimus, Discolaimus, Tripyla, Plectus, Tylaimophorus, Metaphelenchus, Helicotylenchus* et *Mylonchulus*. Ces saprophages et carnivores atteignent dans les nids morts des taux semblables à ceux mis en évidence dans les composts cultivés par l'homme pour la production du champignon de couche : *Agaricus bisporus* (KERMARREC, 1971-1973). Comme dans ce biotope, quelques phytophages ont une présence accidentelle (*Helicotylenchus*). Il est à noter l'absence quasi totale de mycophages si l'on excepte *Metaphelenchus* dont le statut trophique doit être considéré comme douteux.

b) *Les arthropodes.*

Les nids tués ou délaissés contiennent une mésofaune relativement riche, formée de tardigrades, collemboles poduromorphes et entomobryomorphes, acariens gamasides et parasitides, myriapodes microscopiques (*Orthomorpha coarctata*) et géant

(*Scolopendra morsitans*). Les lépismes dorés, généralement tolérés ne se trouvent que dans les nids en activité.

c) *Les unicellulaires.*

Les nids vivants ne contiennent que des bactéries sporulées et mobiles à la différence des nids délaissés où pullulent de nombreuses formes bactériennes ainsi que des paramécies holotriches et le flagellé ubiquiste : *Bodo saltans.*

B. — *La microfaune de la décharge*

La décharge est un milieu essentiellement organique à texture granuleuse. Sa masse volumique est de 0,20 g/ml à l'état normal et de 0,70 g/ml au ressuyage. Sa teneur en eau s'échelonne de 38 à 112 p. 100 en poids sec. La faune y est dense et semblable à celle des meules délaissées avec toutefois plus d'oligochètes, de larves de diptères et quelques genres différents de ménatodes : *Bunonema* (fig. 1), *Monhystera* et *Aphelenchus coffeae*. Comme dans les composts d'Agaric, il est possible d'observer ici les larves de rhabditides en éthologie de fuite (« Winkende larven ») à la surface de la décharge (KERMARREC, 1971).

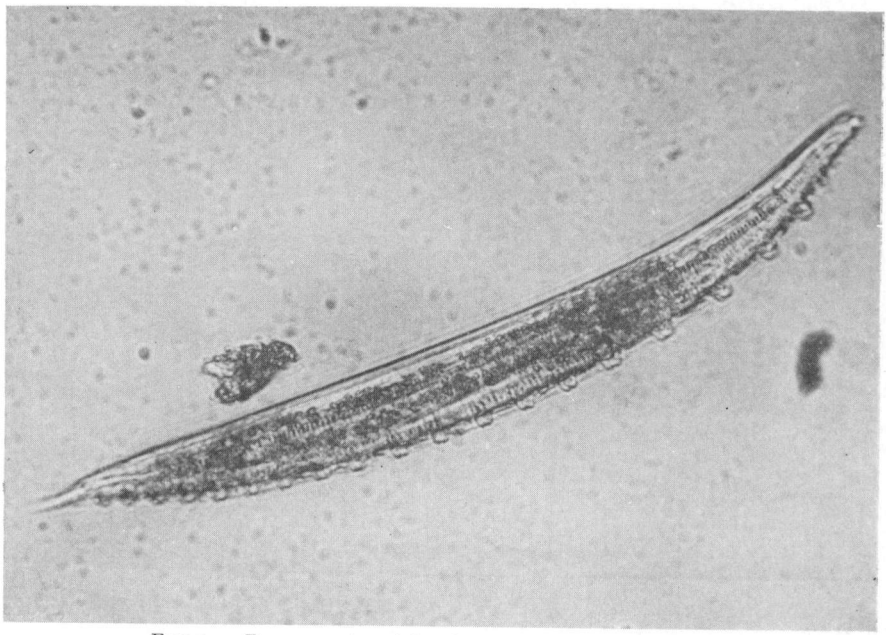


FIG. 1. — Bunonema *trouvé dans la décharge de la société d'attine*

C. — *La nématofaune édaphique des parois de la caverne et des environs*

Les échantillons de terre sont prélevés autour de la meule : plafond, côtés et plancher de la caverne. Le déblai de terre fine surmontant le nid ainsi que la décharge sont également analysés. Enfin, à titre de comparaison, des échantillons de sol seront prélevés à 2 m du nid.

Les genres principaux sont : *Rhabditis, Caenorhabditis, Eudiplogaster, Teratocephalus, Dorylaimus, Discolaimus, Xiphinema, Helicotylenchus, Rotylenchulus, Discocriconemella limitanea, Paratylenchus, Pratylenchus, Tylenchus, Aphelenchoides.* Signalons également la présence de turbellariés rhabdocoeles, d'enchytraeides, de tardigrades et d'acariens.

TABLEAU 2

Populations moyennes de nématodes telluriques selon les groupes trophiques et leur localisation
(nombres pour 100 g de sol frais)
S : saprophages : P : phytophages ; M : mycophages ; C : carnivores

	Plafonds	Côtés	Planchers	Proximité	Déblais	Décharges
S	459	191	365	478	749	5 584
P	238	74	164	181	77	0
M	94	24	32	108	139	0
C	7	25	9	13	10	0
Total	798	314	570	780	975	5 584

La structure trophique de la nématofaune (KERMARREC et SCOTTO LA MASSESE, 1973) qui correspond au classement des espèces en groupes aux habitudes trophiques semblables, est exposée dans le tableau 3.

TABLEAU 3

Comparaisons des structures trophiques des populations selon leurs localisations dans l'espace (en p. 100)
S : saprophages ; P : phytophages ; M : mycophages ; C : carnivores

	Plafonds	Côtés	Planchers	Proximité	Déblais	Décharges
S	57	61	64	61	77	100
P	30	24	29	23	8	0
M	12	8	6	14	14	0
C	1	7	1	2	1	0

Il ressort de ces analyses, que la nématofaune est présente à l'intérieur du nid à un niveau de population semblable à celui de la terre des environs. Seule la décharge possède une population beaucoup plus dense. En ce qui concerne la qualité de cette faune, il est évident que le déblai et, à l'extrême, la décharge, ont des structures différentes de celles des parois de la caverne habitée par la société, celles-ci ayant la même composition que le sol du biotope de nidification. Les saprophages minéralisateurs dominent et ceci d'autant plus que le milieu est riche en matière organique (décharge). Ce biotope a la structure classique et équilibrée des zones calmes climaciques ou pseudo-climaciques.

La figure 2 montre les modifications de cette structure en fonction du biotope et de son degré de mise en valeur. La structure en zone cultivée possède une dominance des phytophages. Celle du terril de déblai du nid est plus proche de celle de la décharge, car ce tumulus est formé de la terre des tunnels et cavernes, granuleuse et aérée, peu colonisée par les plantes et possédant un horizon superficiel riche en matière organique dans les sous-bois. La structure de la décharge est identique à celle rencontrée dans les composts cultivés (KERMARREC, 1971).

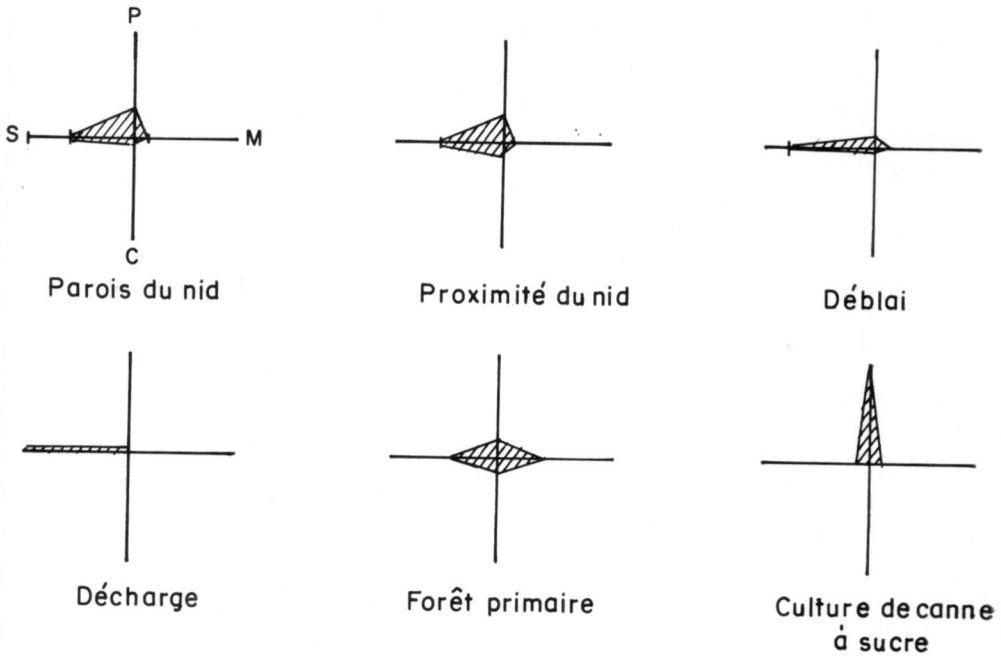


FIG. 2. — *Comparaison des structures de la nématofaune de divers biotopes guadeloupéens avec celle du nid*
S : saprophages ; P : phytophages ; C : carnivores ; M : mycophages
(en p. 100 de la population totale)

D. — *La nématofaune du corps des fourmis*

Les ouvrières ne sont pas exemptes d'helminthes. Leurs activités de déblaiement du sous-sol et de nettoyage du nid les mettent en rapport étroit avec la nématofaune environnante. Le contact s'opère au niveau des pattes et des mandibules. Nous avons décrit par ailleurs (KERMARREC et MAULEON, 1974) le comportement des ouvrières placées en contact forcé en laboratoire avec des nématodes parasites d'insectes (*Neoaplectana carposapsae*) : l'organisme étranger est détecté par les antennes et se trouve amené automatiquement sur les pièces buccales, par les nettoyages des antennes, des pattes et des peignes tibiaux.

Quelques expériences complémentaires ont permis de mieux définir les réactions éthologiques des *Acromyrmex* face à des nématodes rhabditides (*Rhabditis* sp.) en boîtes de Pétri à fond de gélose :

1° Un anneau de nématode est déposé à la périphérie d'une boîte de Pétri munie d'un morceau de champignon en son centre. Les ouvrières détectent les intrus et commencent aussitôt une grande toilette individuelle et mutuelle. Peu de temps après, la masse de champignon se trouve emmurée par des blocs de gélose découpés sur le fond de la boîte. Cette activité de construction défensive est plus précoce et très supérieure en intensité aux témoins exempts de nématodes.

2° Une ligne de nématodes disposée selon un diamètre sépare les fourmis de leur champignon : la rencontre est obligatoire. Les nématodes envahissent très tôt le matériel fongique et celui-ci est déposé par les ouvrières exactement sur la ligne d'inoculation des nématodes.

3° Une boule de nématodes est déposée sur le champignon placé centralement dans la boîte. Il y a alors un rejet du jardin fongique par les ouvrières qui le débitent et le déplacent vers les limites de la boîte. Le couvain est placé au sommet encore indemne du jardin. Un soldat mord dans la boule de nématodes et tire, l'arrache à son substrat, le dépose à la limite de la boîte et revient pour recommencer. Au bout de quelques temps, le rejet est total.

Plusieurs centaines de fourmis ont été disséquées dans les trois groupes d'ouvrières (*Operariae minimae, O. mediae, O. maximae*) provenant de plusieurs nids naturels. La cavité infra-buccale et sa boulette de régurgitation ainsi que les diverses glandes digestives ont été observées avec une attention particulière.

TABLEAU 4

Répartition (en p. 100) *selon les groupes d'ouvrières des nématodes trouvés dans leur corps*
Les seuls recouvrements de localisation sont indiqués sous le tableau

Groupes	Cavité infra-buccale et boulette	Glandes pharyngiennes	Abdomen
O. maximae	86	10[a]	2[b]
O. mediae	2	10	0
O. minimae	0	6	0

a : dont 6 p. 100 également dans la boulette.
b : dont 2 p. 100 également dans la boulette.

La répartition est inégale selon les groupes et ceci correspond probablement à une division du travail qui confère des tâches bien définies aux différentes tailles en liaison avec la morphologie fonctionnelle des individus. Les grandes ouvrières sont les plus fréquemment porteuses d'helminthes et la cavité infra-buccale au rôle filtrant (Eisner et Happ, 1962) reste la localisation préférentielle. Les échappées vers l'intérieur du corps se font parfois vers les glandes digestives mais rarement vers l'abdomen. Les densités de ces populations inquilines sont résumées dans le tableau 5.

TABLEAU 5

Fréquences des classes de population des nématodes internes

Groupes	Cavité infra-buccale et boulette				Glandes pharyngiennes			Abdomen
Densités	1 à 10	10 à 30	30 à 60	> 60	1 à 10	10 à 30	30 à 60	1 à 10
O. maximae	30	43	11	9	100	—	—	100
O. mediae	100	—	—	—	80	—	20	—
O. minimae	—	—	—	—	100	—	—	—

Les plus fortes populations se trouvent dans la cavité infra-buccale et parfois dans les glandes on peut y trouver plus de 60 individus.

La nature des nématodes présents est classique : ce sont tous des larves phorétiques de rhabditides bloquées au 3e stade dans leur mue (*Dauerlarven* des auteurs allemands). Dans leur milieu extérieur ces larves ont une éthologie de fuite (*Winkenden Larven*) caractéristique : dressées sur leur queue elles fouettent l'air à la recherche du vecteur qui les mènera dans un biotope approprié à la poursuite de leur développement vers l'état adulte. Ce comportement est bien connu dans tout milieu néfaste et se retrouve dans les champignonnières à Agaric (KERMARREC, 1971). Deux genres sont présents : *Caenorhabditis* et *Choriorhabditis* (fig. 3 et 4).

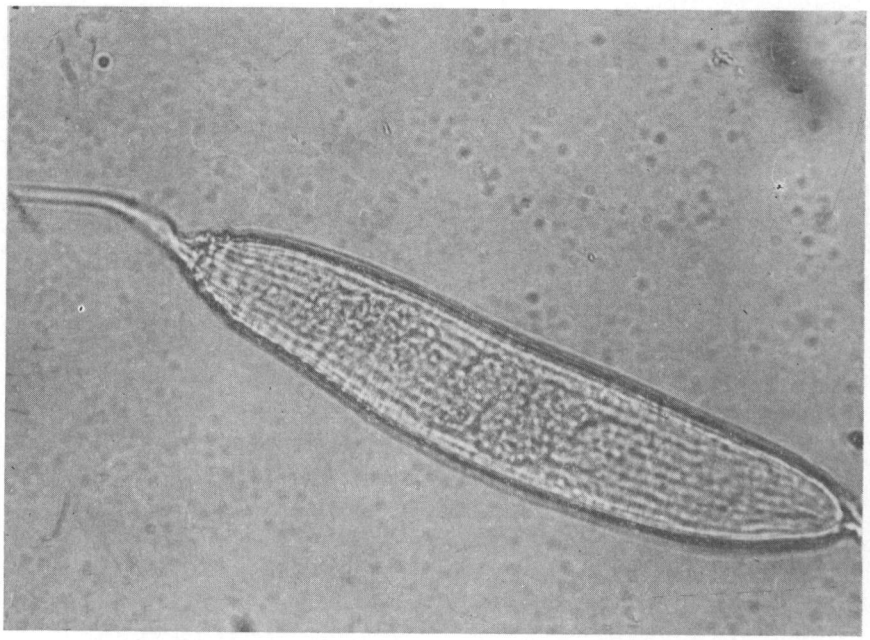


FIG. 3. — *Rhabditide phorétique des glandes pharingiennes de* Acromyrmex octospinosus *enkysté dans sa seconde mue larvaire*

Cette dernière forme est proche de *Rhabditis coarctata* LEUCKART et de *R. cystilarva* VÖLK et *R. serrata* KÖRNER qui restent également enfermés dans la seconde mue larvaire et fixent par une sécrétion de mucus gluant leur extrémité antérieure sur l'insecte hôte et vecteur. Bien que internes à la fourmi, les nématodes que nous

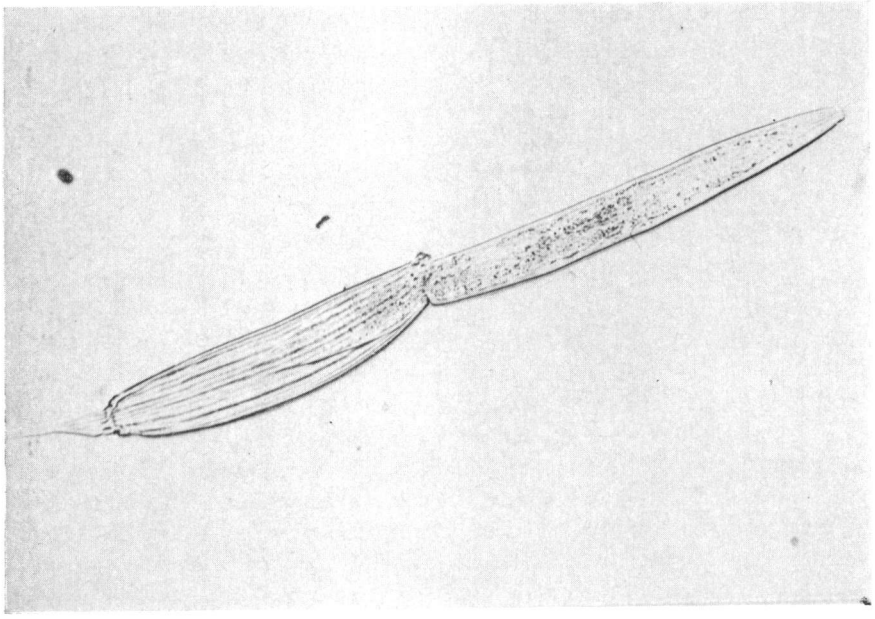


FIG. 4. — *Sortie de l'enveloppe de protection* (mue) *de la larve phorétique des glandes d'*A. octospinosus *au contact de l'eau*

avons mis en évidence présentaient ce bouchon mucotique buccal. Le contact avec l'eau de la coupelle à dissections déclenche la sortie de la mue protectrice chez ce dernier genre. Seules les grandes ouvrières étaient porteuses de ce type de larves à capuchon buccal mucotique et dont la cuticule présente une ornementation à 16 côtes et une fronce adanale.

TABLEAU 6

Fréquence, localisation et densité des Choriorhabditis *dans les grandes ouvrières* (en p. 100)

		Cavité infra-buccale et boulette	Glandes pharyngiennes	Abdomen
Fréquence (%)		22	6	0
Densité	0-10	45	100	—
	10-30	55	—	—

L'existence d'échanges trophallactiques entre les ouvrières a pu être mise en évidence grâce au rouge neutre (KERMARREC, non publié). Il est dès lors possible que les helminthes de la poche infra-buccale passent de l'une à l'autre.

III. — ESSAIS D'INOCULATIONS ARTIFICIELLES DE NIDS NATURELS ET EXPÉRIMENTAUX

La nématofaune est présente à un niveau normal autour et sous le champignon cultivé par la fourmi. Ces helminthes envahissent et pullulent dans le jardin fongique dès que l'activité des fourmis cesse. Les relations synécologiques des ouvrières et des nématodes ne sont pas époéciques, la fourmi est capable de repérer les vers et acquiert une attitude agressive envers les intrus. Des nématodes phorétiques se servent de la fourmi comme vecteur, sans danger apparent.

A partir de ces bases, trois essais complémentaires ont été mis sur pied :

a) Inoculer le jardin fongique avec des nématodes rhabditides saprophages (*Rhabditis* sp.) issus d'une meule naturellement infestée, après disparition des fourmis.

b) Inoculer le jardin fongique avec des nématodes reconnus mycophages (*Aphelenchoides composticola*) et nuisibles au psalliote (*Agaricus bisporus*), espèce proche du pholiote de la fourmi. L'optimum thermique de ce parasite est proche de la température naturelle des nids guadeloupéens.

c) Inoculer le couvain et les ouvrières avec des nématodes entomophages : *Neoaplectana carpocapsae*. Les résultats de cet essai sont présentés en détail par ailleurs (KERMARREC et MAULEON, 1974), mais nous nous en servirons ici pour des comparaisons avec les deux premiers points.

Dans la nature, à Vieux Bourg, six nids sont repérés et leurs jardins fongiques rendus accessibles avec beaucoup de précautions. Trois jardins reçoivent dans une première étape 10^4 *Rhabditis* et 3 autres 10^4 *Aphelenchoides* en injection à la seringue. Les nématodes proviennent d'élevages de masse en laboratoire.

TABLEAU 7

Résultats des inoculations artificielles à base de nématodes dans des nids naturels. Observations faites 10 jours après les inoculations

Nématode	*Rhabditis* sp.			*Aphelenchoides composticola*		
N° du nid	I	II	III	IV	V	VI
Effets	nid déplacé	néant	néant	néant	nids déplacés	nids déplacés

Une seconde tentative faite avec *Rhabditis* seul à un taux dix fois plus élevé (10^5) sur cinq nids, nous a permis, en suivant journellement la population des nématodes injectés, de montrer leur disparition effective du jardin fongique à très court terme. A cet effet, deux grammes de meule sont prélevés chaque jour après l'inoculation et traités à l'extracteur de BAERMANN. Le lendemain du traitement, la densité des nématodes, qui aurait dû être au moins de 500/g, n'était plus que d'une vingtaine d'individus et les jours suivants, l'allure exponentielle du détitrage s'est confirmée. Le sol environnant contenait une nématofaune normale dont 34 p. 100 de *Rhabditis* sp.

Une intense activité de nettoyage et de rejet de meule souillée a pu être observée à l'intérieur des nids. Le volume des jardins a diminué. Les entrées sont bouchées par les ouvrières et l'activité externe momentanément annulée.

L'essai effectué avec *Neoaplectana carpocapsae* en laboratoire, dans des nids artificiels en excellente activité, a eu le même résultat : activité de nettoyage, chute corrélative du volume de la meule, arrêt de l'affourragement et claustration totale, disparition des nématodes injectés à la dose $3 \cdot 10^6$ individus mobiles du stade III.

IV. — LES FACTEURS LIMITANT LA PULLULATION DES NÉMATODES DANS LE JARDIN FONGIQUE

Dans des conditions normales, la nématofaune qui entoure la meule de champignon ne peut s'y installer tant que le nid conserve une activité interne élevée. En laboratoire, dans des conditions parfois très éloignées de l'optimum, des détériorations soudaines de champignon ont été observées par WEBER (1963) et par nous-mêmes : un nid en plexiglass de type vertical fut détruit par le simple fait que la décharge de la société fut installée à l'intérieur du nid, trop près du jardin cultivé. La pullulation des nématodes dans la décharge (tabl. 2) a contaminé le champignon.

La résultante des activités individuelles, apparemment désordonnées, de milliers de petites ouvrières d'un nid semble permettre à celui-ci la sauvegarde de sa source alimentaire face aux helminthes saprophages. Le rejet immédiat de toute partie souillée paraît être le mécanisme principal. Toutefois, la complexité de la biochimie d'un nid, ainsi que l'aspect constamment axénique de la meule cultivée, nous permettent de croire qu'il existe des phénomènes d'antibiose dans cette microbiocenose. Des effets biostatiques peuvent être dus à la fourmi ainsi qu'au champignon cultivé, au mode de culture de ce dernier ou à un organisme associé.

1. — *Sécrétions toxiques de la fourmi*

La sécrétion de substances antibiotiques, surtout antibactériennes, est connue chez les insectes (LEMAY, 1947 ; PAVAN, 1949, 1952, 1955, 1961 ; LAVIE, 1957, 1960 *a*, 1960 *b*) en particulier chez les formes sociales.

Nous avons recherché la présence de sécrétions nématicides ou nématostatiques chez *A. octospinosus*. L'ampoule rectale, qui joue un rôle primordial dans la symbiose en fournissant une intense activité protéolytique, a un volume moyen de 0,26 µl. Son contenu est nématicide en 6 minutes. Les analyses de MARTIN et MARTIN, 1970, montrent la présence d'ammoniaque, d'acide allantoïque, d'allantoïne, de peptides

et d'acides aminés libres. Parmi ces produits, seul l'ammoniaque est nématicide, mais la meule n'a aucune odeur ammoniacale décelable. Les concentrations sont donc trop faibles pour expliquer l'élimination des nématodes. Des ampoules rectales placées sur Sabouraud ont toutes ($n = 151$) révélé la présence d'une bactérie chromogène jaune : *Enterobacter agglomerans* du biogroupe 7 de Ewing [1]. Des cultures de cette bactérie en boîtes de Pétri ont été inoculées avec des *Rhabditis* sans donner de différence significative par rapport au témoin quant à la dynamique des populations de ces helminthes.

La glande à venin n'a pas donné d'effet nématicide.

2. — *Toxicité du substrat fongique*

Le liquide obtenu par forte pression sur de la meule cultivée est nématicide en 12 minutes et l'extraction des alcaloïdes de ce jus l'est en 2 minutes. Des gouttelettes brunes exsudées par la masse fongique sont nématicides en 3 minutes.

Toutefois, sur milieu gélosé muni d'un anneau de Heathley, le jus de meule est attractif et non nématicide. Il en va de même de la macération d'une meule entière, avec couvain, dans un rapport de volumes de 1 : 1. Les éclosions, les mues et la reproduction se déroulent normalement. De plus le diffusat est attractif.

3. — *Limitation des populations de nématodes par un organisme associé*

Les nématodes des milieux organiques possèdent un certain nombre d'ennemis. Parmi ceux-ci, les hyphomycètes prédateurs peuvent, à l'aide de pièges différenciés, tirer leur source d'azote à partir des nématodes. La présence d'une flore prédatrice autochtone a été démontrée par l'un de nous dans le compost à champignon de couche (KERMARREC, 1971). La similitude, relativement grande de ce biotope avec celui de la meule fongique des attines, nous a incités à rechercher l'existence d'espèces prédatrices associées à la culture. La technique de mise en évidence est simple : un fragment de milieu est étalé sur une surface d'agar enrichie (Sabouraud) et des nématodes saprophages sont ajoutés. Au bout de 10 à 30 jours apparaissent des conidiophores caractéristiques et des pièges actifs mis en évidence dans l'agar au lactophenol bleu coton. La détermination est faite à l'aide de la clé de COOKE et GOODFREY (1964). Les espèces suivantes ont été mises en évidence :

a) *Dans le champignon cultivé vivant :*

Arthrobotrys musiformis, A. oligospora, Dactylella lobata. La première espèce domine largement.

b) *Dans le champignon en décomposition des nids morts :*

Dactylaria pyriformis.

c) *Dans les décharges des nids :*

Arthrobotrys arthrobotryoides, A. dactyloides, A. longispora, A. oligospora, A. robusta et *Harposporium anguillulae* (fig. 8).

Le mode de piégeage est variable : anneaux anastomosés (fig. 5 et 6), anneaux constricteurs (fig. 7), gluaux et hyphes gluants (fig. 8).

[1] Identification faite par l'Institut Pasteur de Paris.

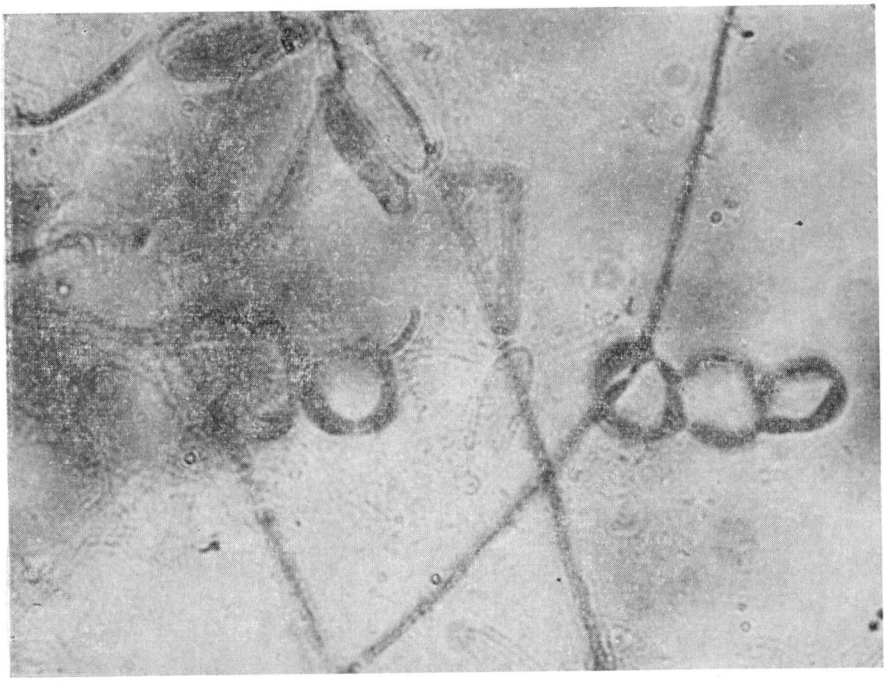


FIG. 5. — *Pièges anastomosés de* Dactylaria pyriformis *associé aux nids d'attines*

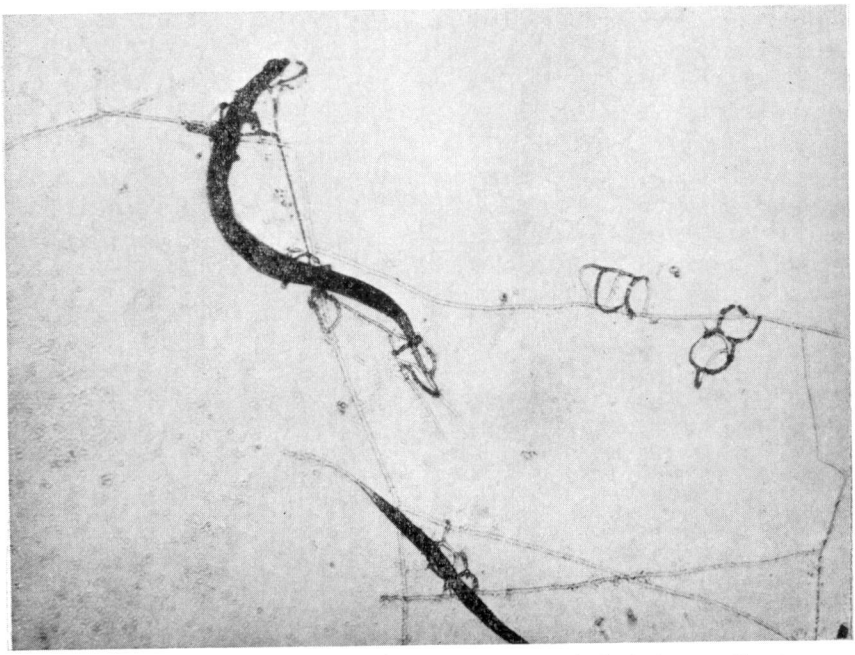


FIG. 6. — *Piégeage efficace de nématodes saprophages par* Arthrobotrys musiformis *des jardins fongiques d'*Acromyrmex octospinosus

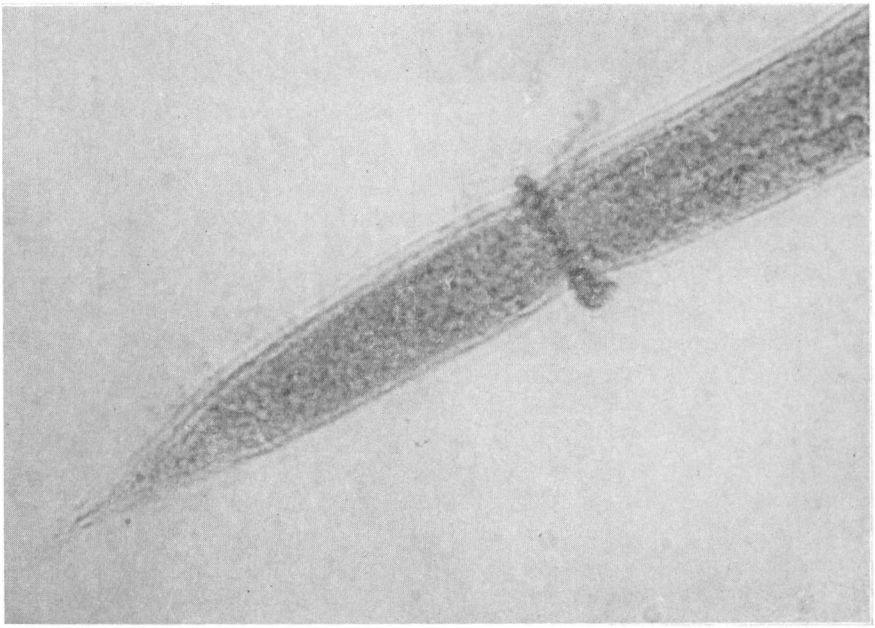


FIG. 7. — *Piège du type constricteur de* Arthrobotrys dactyloides *enserrant la queue d'un nématode et trouvé dans la décharge*

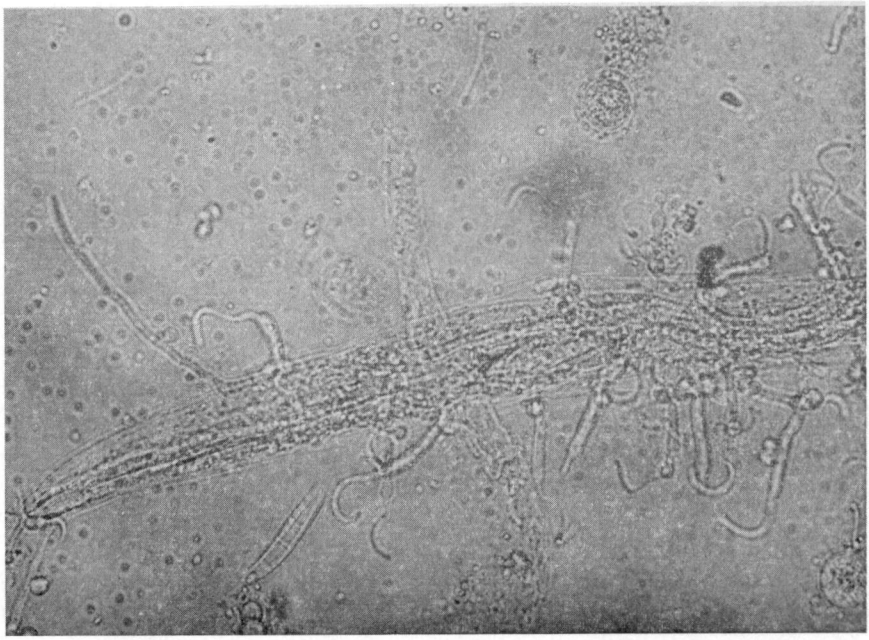


FIG. 8. — *Production d'hyphes fertiles à conidies falciformes par* Harposporium anguillulae *dans la décharge de la société*

V. — CONCLUSIONS

Les fourmis et la nématofaune cohabitent depuis des millions d'années. Un équilibre particulier s'est créé interdisant l'envahissement du jardin fongique par les nématodes sous-jacents et leur pullulation dans ce biotope pourtant approprié.

L'attine n'a pas une attitude époécique vis-à-vis des nématodes : elle les détecte et les combat. Les seules relations étroites restent au niveau de la phorésie. Le parasitisme vrai est inexistant et des freins puissants limitent l'action néfaste des helminthes entomophages (KERMARREC et MAULEON, 1974).

Les mécanismes de défense des attines sont de divers ordres : le comportement des invididus, mais surtout celui de ce super-organisme que forme la société en activité, est le moyen le plus efficace pour empêcher l'envahissement de la source trophique par les nématodes. Une conciergerie filtre à l'entrée les individus à la cuticule souillée. Toute inoculation accidentelle ou expérimentale déclenche aussitôt une intense activité de toilettage mutuel et de nettoyage du milieu avec rejets des parties polluées. La société entière y participe à huis clos pour sa survie en cessant toute activité externe. Les matériaux indésirables sont déposés dans une décharge établie le plus loin possible du nid, à l'air libre, dans l'eau courante ou dans une caverne particulière. Cette décharge est le lieu d'une intense pullulation de nématodes saprophages minéralisateurs.

En plus de cette simple élimination mécanique de l'agent infestant, il semble que la fourmi et sa culture développent des principes chimiques nématicides : le contenu rectal qui est à l'origine de la symbiose enzymatique avec le champignon tue les vers en 6 minutes ; la culture elle-même contient des alcaloïdes nématicides apparemment concentrés dans des gouttelettes brunes d'exsudation. Toutefois, dans la nature nous croyons que ces excrétats sont trop dilués et il est prouvé que les jus des cultures sont attractifs et non nématostatiques. Seul le cas des exsudations brunes sur la culture reste une défense possible.

Couplé à ces moyens mécaniques et chimiques, existe un mode biologique de lutte contre la nématofaune : l'association avec *au moins* 9 espèces d'hyphomycètes prédateurs aux pièges généralement bien différenciés et actifs. Leur diversité est plus grande dans la décharge que dans la meule cultivée, ceci en relation avec les niveaux de population des nématodes. Enfin, dans une séquence normale de la décomposition d'une litière, plusieurs étapes de colonisation et d'exploitation par les fungi imperfecti et les ascomycètes précèdent le stade des basidiomycètes qui correspond à une décomposition très avancée du substrat. Ainsi, dans le jardin fongique de la fourmi, des feuilles fraîches sont exploitées directement par un basidiomycète grâce à une ectosymbiose enzymatique qui permet de raccourcir la séquence microbiocénotique normale. Or nous savons (KERMARREC, 1971) que la dynamique des nématodes est étroitement liée à la séquence microbienne dans les composts. Il est donc possible de penser à un autre type de frein : celui de l'impossibilité pour un milieu axénique et surveillé à offrir aux helminthes un environnement biotique leur permettant l'expression de leurs potentialités biologiques.

En conclusion, il apparaît que l'utilisation en lutte biologique de nématodes saprophages, mycophages ou entomoparasites, rencontre des limitations sérieuses et efficaces de la part de la société champignonniste.

Reçu pour publication en juillet 1974.

SUMMARY

SYNECOLOGICAL RELATIONS BETWEEN NEMATODES AND *ACROMYRMEX OCTOSPINOSUS* REICH

Analysis of the nematode populations of the earth of the nests of *Acromyrmex octospinosus*, joined to these of the fungus-garden and ants bodies allow to understand some aspects of ants-nematodes synecological relations. Nematodes are attracted by the fungus-garden but are not able to developpe inside of it when workers are present. This is due to mecanical, chemical and biological reasons. Even heavy artificial inoculations are without effect. Biological control of parasol-ants by the mean of helminths seems difficult.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUTUORI M., 1971. A contribution to (knowledge of) the fauna of the refuge — chambers of *Atta sexdens rubropilosa* FOREL (Hym. Formicidae). *Z. Angew. Entomol.*, **68**. 76-78.

BAERMANN G., 1917. Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum (Nematoden) larven in Erdproben. *Meded. Geneesk. Lab. Weltevr.*, 41-47.

BAZIRE-BENAZET 1962. Modifications parasitaires chez *Atta cephalotes* subsp. *isthmicola* WEBER, 1943 (Hym. *Formicidae*). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **255**, 578-580.

COOKE R. C., GODFREY B. E. S., 1964. A key to the nematode-destroying fungi. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, **47**, 1, 61-74.

CRAWLEY W. C., BAYLIS H. A., 1921. *Mermis* parasitic on ants of the genus *Lasius*. *J. Roy. Microscop. Soc.*, 353-372.

DOLLFUS R. P., 1945. Présence en France d'*Allomermis myrmecophila* (H. A. BAYLIS 1921) chez la Fourmi *Lasius alienus* FORSTER. *Bull. Soc. Entomol. Fr.* **50**, 102-105.

EISNER T., HAPP G. M., 1962. The infrabuccal pocket of formicine ant : a social filtration device. *Psyche*, **69**, 107-116.

GOSSWALD K., 1929. Mermithogynen von *Lasius alienus* gefunden under Umgebrungen von Würzburg. *Zool. Anz.*, **84**, 202-204.

GOSSWALD K., 1930. Weitere Beiträge zur Verbreitung der Mermithiden bei Ameisen. *Zool. Anz.*, **90**, 13-27.

GOOSWALD K., 1938. Über bisher unbekannte durch den Parasitisms der Mermithiden (Nematoda) versursaclate Formveranderungen bei Ameisen. *Z. Parasit.*, **10**, 138-151.

JANET C. H., 1893. Étude sur les nématodes des glandes pharyngiennes des fourmis. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **117**, 700.

JANET C. H., 1894. Études sur les fourmis (4e note) *Pelodera* des glandes pharyngiennes de *Formica rufa* L. *Mem. Soc. Zool. France*, **7**, 45-62.

JANET C. H., 1909. Étude sur un nématode qui se développe dans la tête de la *Formica fusca* L. *Extr. Mem. Soc. Acad. Oise, Beauvais.*

KERMARREC A., 1971. *Analyse d'une agrobiocénose : la faune des composts à champignon de couche* Agaricus bisporus LANGE. *Étude approfondie de la nématofaune et de ses relations avec les autres organismes du biotope : essai de lutte biologique à l'aide d'hyphomycètes prédateurs*. Thèse Ing. Docteur Fac. Sci. et Tech. Languedoc, *Montpellier*, 110 p. (Ronéo).

KERMARREC A., 1973. Recherches sur les ennemis du champignon de couche. I. Contribution à l'étude de la zoocénose des composts de champignonnière à *Agaricus bisporus* LANGE. *Ann. Zool. Écol. Anim.*, **5**, 425-464.

KERMARREC A., 1973. Recherches sur les ennemis du champignon de couche. II. Résultats préliminaires dans l'emploi des hyphomycètes prédateurs en matière de lutte biologique contre les nématodes des composts cultivés. *Ann. Zool. Écol. Anim.*, **5**, 465-480.

KERMARREC A., SCOTTO LA MASSESSE C., 1972. Nouvelles contributions à l'étude de la nématofaune des Antilles française. *Ann. Zool. Écol. Anim.*, **4** (4), 513-529.

KERMARREC A., MAULEON H., 1974. Recherches sur les difficultés de développement de *Neoaplectana carpocapsae* (Nematoda-Rhabditida) chez la fourmi-manioc : *Acromyrmex octospinosus* (Formicidae-Attini) (sous presse).

KLOFT W., 1949. Uber den Einfluss von Mermis-parasitismus auf den Stoffwechsel und die Organ Bildung bei Ameisen. *Zeit. Parasit.*, **14**, 390-422.

KLOFT W., 1950. Okologischen Untersuchungen zur Verbreitung der Mermithiden bei Ameisen. *Zool. Jahrb. (Syst. Oekol.)*, **79**, 526-530.

LAVIE P., 1957. Étude des substances antibiotiques présentes chez *A. mellifica* et chez quelques insectes sociaux. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **244**, 2653-2655.

LAVIE P., 1960 *a*. Les substances antibactériennes dans la colonie d'abeilles (*Apis mellifica* L.) (1re partie). *Ann. Abeille*, **3**, 103-185.

LAVIE P., 1960 *b*. Les substances antibactériennes dans la colonie d'abeilles (*Apis mellifica* L.) (2e partie) *Ann. Abeille*, **3**, 201-307.

LEMAY P., 1947. Sur la sécrétion possible d'antibiotique par certains insectes. *Rev. Pathol. Comp. Hyg. Gén.*, **373**, 589-590.

MARTIN M., MARTIN S.J., 1970. The biochemical basis for the symbiosis between the ant, *Atta colombica tonsipes*, and its food fungus. *J. Insect. Physiol.*, **16**, 109-119.

PAVAN M., 1949. Ricerche sugli antibiotici di origine animale. *La ricerca scientifica*, **19**, 9.

PAVAN M., 1952. Sugli antibiotici di origine animale. *Boll. Inst. sieroterapico Milanese*, (3-4), 195-208 (5-6), 232-345.

PAVAN M., 1955. Studi sui Formicidae. I. Contributo alla conoscenza degli organi gastrali dei Dolichoderinae. *Natura*, **46**, 135-145.

PAVAN M., 1961. Sviluppi delle ricerche sulle secrezione di insetti. *Atti Accad. Naz. Ital. Entomol. Rend.*, **8**, 228-242.

TIMON-DAVID J., 1968. Rôle des insectes comme hôtes intermédiaires dans les cycles des trématodes digénétiques. *Prod. Xe Intern. Congr. Ent.*, **3**, 657-662.

VANDEL A., 1930. La production d'intercastes chez la fourmi *Pheidole pallidula* sous l'influence de parasites du genre *Mermis*. I. Étude morphologique des individus parasités. *Bull. Biol. France-Belgique*, **64**, 457-494.

WAHAB A., 1962. Untersuchungen über Nematoden in den Drüsen des Kopfes der Ameisen (Formicidae). *Z. Morphol. Okol. Tiere*, **52**, 33-92.

WASMAN E., 1894. Kritisches Verzeichnis der myrmecophilen und termitophilen Arthropoden Mit Angabe der Lebensweise und mit Beschreibung neuer Arten. *Félix L. Dames, Berlin*, XVI + 231 p.

WEBER N. A., 1955. Fungus growing ants and their fungi : *Cyphomyrmex rimosus minutus* MAYR. *J. Wash. Acad. Sci.*, **45**, 275-281.

WEBER N. A., 1956. Fungus-growing ants and their fungi : *Trachymyrmex septentrionalis*. *Ecology*, **37**, 150-161.

WEBER N. A., 1957. Fungus growing ants and their fungi : *Cyphomyrmex costatus*. *Ecology*, **38**, 480-494.

WEBER N. A., 1963. A five year colony of a fungus-growing ant, *Trachymyrmex zetcki*. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **57**, 85-89.

WHEELER W. M., 1907. The polymorphism of ants, with an account of some singular abnormalities due to parasitism. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, **23**, 1-93.

WHEELER W. M., 1928. Mermis parasitism and intercastes among ants. *J. Exp. Zool.*, **50**, 2, 165-237.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1975, 7 (1), 45-59.

LES TRICHOGRAMMES

II. — Unité de production massive et quotidienne d'un hôte de substitution *Ephestia kuehniella* Zell. (1) (*Lepidoptera, Pyralidae*)

Jeanne DAUMAL, J. VOEGELE et P. BRUN
avec la collaboration technique de R. Agryodos, G. Geria et D. Marconi

Station de Zoologie et de Lutte biologique,
Centre de Recherches, I. N. R. A.,
06602 Antibes

RÉSUMÉ

En vue de la multiplication en très grand nombre des Trichogrammes, une technique de production massive d'œufs d'*Ephestia kuehniella* Zell. est décrite. Elle présente entre autres avantages :

1° Une maîtrise permanente de l'état sanitaire de l'élevage grâce à la consommation complète de l'aliment à chaque génération et au déroulement d'une partie du développement larvaire à des températures basses.

2° Une croissance larvaire individualisée par alvéoles d'où l'absence de concurrence et la possibilité de déterminer la ration alimentaire optimale tout en conservant les avantages de l'élevage de masse.

3° Une protection des manipulateurs contre les écailles grâce à un épurateur étanche qui intervient dans le circuit de récolte des pontes.

4° Un minimum de manipulation du fait d'une automatisation par tapis roulant et transport pneumatique des adultes.

INTRODUCTION

Les Trichogrammes s'emploient sous forme de lâchers inondatifs et saisonniers qui requièrent un grand nombre d'individus. Depuis les travaux de Flanders (1927, 1928, 1929, 1930), il est généralement fait appel à l'Alucite des céréales (*Sitotroga cerealella* Ol.) pour les multiplier industriellement. Cependant, selon Salt

(1) On désigne souvent cette espèce sous le nom générique d'*Anagasta* qui représente en réalité un sous-genre. Voir à ce sujet Roesler, 1965 *a*, 1965 *b* et 1966.

(1935), cet hôte ne serait pas le meilleur. Il donnerait naissance, en effet, à des Trichogrammes plus petits, moins féconds et d'une capacité de recherche moindre que ceux issus d'*Ephestia kuehniella* ZELL., pourtant tout aussi facile à élever. Dans quelques rares cas l'on s'est adressé à d'autres hôtes pour cette multiplication : *Corcyra cephalonica* S. (BRENIÈRE, 1962 ; ABBAS et ANWAR, 1963) ; *Brachmia modicella* CHR. (CHEN, 1955) ; *E. kuehniella* ZELL. (SCHUTTE et FRANZ, 1961) ; *Attacus cynthia ricini* BOISD. (PU et LIU, 1962) et *Galleria mellonella* L. (STEIN, 1960).

Récemment nous avons pu démontrer (VOEGELE *et al.*, 1974) le caractère particulièrement performant des œufs d'*E. kuehniella* pour les Trichogrammes. L'élevage de cet hôte, déjà décrit (BILIOTTI et DAUMAL, 1969), amélioré ensuite (IPERTI *et al.*, 1972), vient de recevoir de nouveaux perfectionnements qui permettent de le considérer désormais comme une unité de production en masse, pilote, non seulement pour les Trichogrammes, mais pour d'autres auxiliaires et pour certaines études de populations expérimentales (BENSON, 1973). Ainsi il a été montré que les œufs de ce Lépidoptère permettaient l'élevage continu de certains entomophages ovo-larvaires : *Chelonus eleaphilus* SILV. (ARAMBOURG, 1968), *Phanerotoma flavitestacea* FISCH. (BILIOTTI et DAUMAL, 1969) et d'obtenir, dans ce cas, suffisamment d'insectes pour des lâchers expérimentaux satisfaisants en vue de l'acclimatation de ce parasite sur son hôte *Ectomyelois ceratoniae* ZELL. (DAUMAL *et al.*, 1973). Pour ce même hyménoptère FERRAN et LAFORGE (1973) ont montré que le potentiel biotique des femelles est optimal après plusieurs centaines de générations obtenues sur *A. kuehniella*. Par ailleurs certains prédateurs *Anthocoridae* sont maintenus sur ces œufs en élevage permanent (DAUMAL, 1968) (PERICART, 1973). Différents *Coccinellidae* aphidiphages et coccidiphages (IPERTI *et al.*, 1972) ont été obtenus sur cet aliment. La valeur alimentaire des œufs a été appréciée sur *Adonia 11 notata* SCHN. (IPERTI et TREPANIER-BLAIS, 1972) et il a été confirmé une adaptation alimentaire progressive. Plus récemment ces œufs ont servi pour l'étude comportementale de fourmis prédatrices d'œufs de *Bombyliidae* parasites de *Thaumetopoea pytiocampa* SCHN. (BENOIS et MARRO, 1973).

I. — DÉVELOPPEMENT PRÉIMAGINAL

1. — *Cage d'élevage*

Le développement larvaire s'effectue dans des cassettes parallélépipédiques de 72 × 28 × 4 cm en lucoflex transparent de 2 mm d'épaisseur fermées par un couvercle en lucoflex opaque de 3 mm d'épaisseur. Du fait du comportement photophobe des larves les faces exposées à la lumière sont peintes en noir. Seule la face inférieure reste transparente. Elle permet de suivre l'état de développement des larves (Pl. I, fig. 3 *a*).

2. — *Aliment*

RICHARDSON (1926), FRAENKEL et BLEWETT (1946), soulignent la nécessité d'apporter aux larves un milieu complet, tel que le blé concassé. NICOLAS GONZALES (1966), montre que l'adjonction de farine de maïs au milieu améliore le rendement

de l'élevage. Nous n'avons pas remarqué de différence entre les lots de larves nourris de blé et de semoule de maïs à grosse grenaison. La semoule de blé dur telle qu'on l'utilise pour la fabrication des pâtes alimentaires s'est révélée un milieu satisfaisant qui assure de par ses espaces intergranulaires une bonne aération du milieu et le passage des déjections. Du fait que ce produit est abondant sur le marché et commode d'emploi, nous l'avons adopté. ULLYETT et MERWE (1947) fixent la ration alimentaire optimale nécessaire pour chaque chenille à 0,4 g de blé concassé. Une partie de cette nourriture sert à la structuration des fourreaux alimentaires et à operculer le cocon avant la nymphose. Dans les conditions d'élevage en masse, nous avons été amenés à réduire cette ration alimentaire. Avec deux kilos de semoule étalés sur le fond de chaque enceinte d'élevage nous produisons, en effet, de 6 000 à 8 000 chenilles proches de la nymphose.

L'élevage des chenilles, ainsi conduit dans des cassettes fermées, évite la dissémination de germes plus ou moins pathogènes et l'entrée d'insectes indésirables : Tribolium, Hyménoptères parasites, Acariens.

3. — *Contamination*

Les œufs d'*E. kuehniella* sont pondus isolés et peuvent être facilement manipulés. Ils présentent la particularité (SEIDEL, 1924-1929, in SEHL, 1931), de pouvoir effectuer leur développement embryonnaire complet dans l'eau ce qui permet de les immerger puis de les recueillir et de les étaler au pinceau. Il est conseillé de les laver à l'eau courante deux à trois fois pour les débarrasser des écailles et des spores d'une Néogrégarine endémique *Mattesia dispora* NAV., parfois collées aux replis externes de l'exochorion.

Le dénombrement des œufs nécessaires à la contamination peut s'effectuer par pesée ou par mesure volumétrique. Il est à noter cependant que le poids moyen de l'œuf diminue au cours du développement. Nous avons trouvé (tabl. 1) une différence hautement significative entre 11 mesures de 20 mg d'œufs de deux lots A et B ayant subi respectivement 24 h et 72 h d'incubation.

TABLEAU I

*Comparaison du poids moyen de l'œuf d'*E. kuehniella *ayant subi 24 h* (lot A) *et 72 h* (lot B) *d'incubation*

	Lot A	Lot B	Valeur de T
Poids moyen	0,028 5 mg	0,025 6 mg	20
Coefficient de variation	1,5 %	0,7 %	

Ces chiffres sont nettement supérieurs à ceux obtenus par BRINDLEY (1930) qui trouve un poids moyen de 0,023 mg. Il est généralement fait appel, pour la contamination, à des œufs d'au moins 24 h d'incubation, beaucoup moins fragiles. La

quantité utilisée est de l'ordre de 225 mg d'œufs/cage d'élevage. Un cm^3 d'œufs moyennement tassés pèse 675 mg et permet l'ensemencement de trois cages d'élevage. Les œufs sont étalés au pinceau sur le fond du couvercle opaque s'emboîtant sur l'enceinte proposée pour le développement larvaire. (Pl. I, fig. 3 *b*).

4. — *Technique d'élevage*

Il est fait appel à des plaques carrées de carton ondulé, contre-collé deux faces, de 70 cm de côté, 4 mm d'épaisseur et 220 alvéoles au mètre. Ces plaques réunies par paquets de dix à l'aide d'un ruban adhésif collé sur les bords parallèles aux alvéoles, sont coupées à la scie électrique, transversalement aux alvéoles, tous les 1,8 cm.

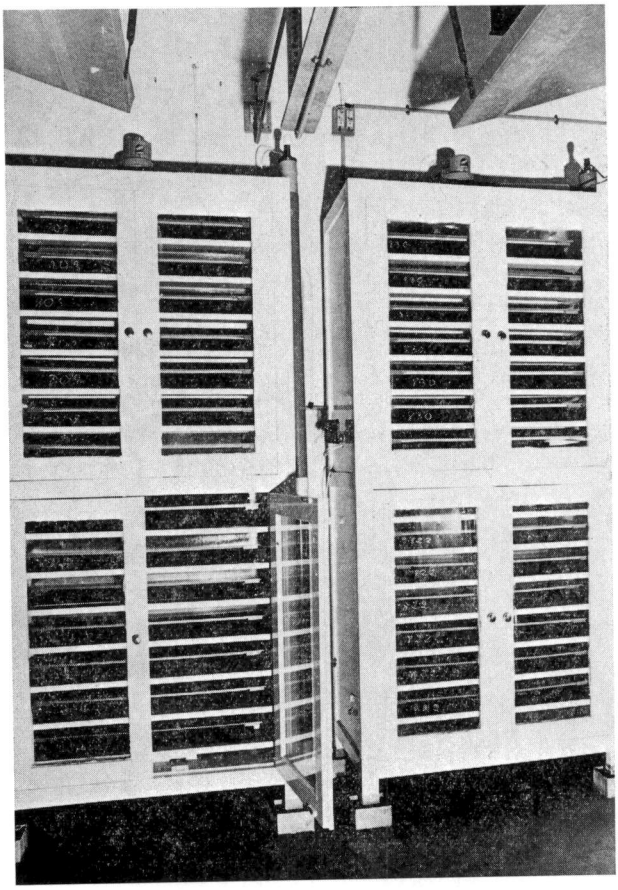


FIG. 1. — *Isolement des bacs pour le développement préimaginal*

Les blocs ainsi obtenus groupés par cinq, sur un même plan à l'aide d'un ruban adhésif, forment l'unité de base de l'élevage appelée « paillasson » de 7 500 alvéoles qui constitueront autant de cheminées de nymphose (Pl. I, fig. 3 *c*).

Chaque « paillasson » est ensuite légèrement vaporisé d'eau, posé sur la couche de semoule, puis retourné, ce qui ramène à la surface des particules de l'aliment qui guideront les chenilles du 1er stade vers les alvéoles et serviront ultérieurement à l'operculation des cocons.

Cette technique d'élevage par alvéole est une simplification de celle mise au point par STRONG *et al.*, 1968, pour l'élevage de 6 lépidoptères des denrées. Elle repose sur l'éthologie des chenilles. Celles-ci, dès leur éclosion, peuvent structurer leur fourreau soyeux d'alimentation et de mue grâce aux appuis qu'offre la partie inférieure du carton. Ainsi, tout au long de la vie larvaire, chaque chenille dispose d'une aire individuelle qui évite les déplacements inutiles pour la conquête d'un territoire alimentaire, ce qui réduit considérablement les sécrétions de soie.

Sept bacs ou enceintes de développement larvaire sont préparés tous les 7 jours et placés dans deux armoires (fig. 1) comprenant chacune 14 étagères espacées entre elles de 5 à 6 cm. L'aération est assurée par un petit ventilateur.

5. — *Température de développement*

Le développement à températures alternées, bien que non conseillé par SIDDIQUI et BARLOW (1973), est à recommander. Nous avons en effet remarqué, à l'aide d'un jeu de sondes reliées à un logomètre, que la température prise au cœur de la masse alimentaire s'élevait assez brutalement de 4° puis de 7°C pendant une douzaine de jours avant la nymphose pour une température ambiante constante de 20°C (1). La température atteint pendant plusieurs jours 27°C et l'humidité 90 p. 100. Dans ces conditions la colonisation des loges pour la nymphose s'effectue au bout de 40 jours et l'on constate une accélération brutale de la consommation alimentaire et de la compétition pour la niche de nymphose. Par contre, lorsque l'élevage est conduit en températures alternées, avec une courbe qui oscille quotidiennement de 12 à 25°C, on observe une bonne répartition des nymphes dans les loges et les sondes n'enregistrent plus qu'un décalage thermique de 1 à 2°C et une humidité du milieu de l'ordre de 50 p. 100. L'élevage à température alternée allonge le développement de 5 jours mais évite un échauffement brutal du milieu.

II. — RÉCOLTE DES ADULTES

Dès que les premiers imagos apparaissent (45-47 j) le paillasson est retiré. La semoule non consommée (environ 100 g) reste peu adhérente et est rapidement éliminée par simple brossage. Les 7 blocs d'alvéoles sont introduits dans une enceinte de 78 × 40 × 50 cm (fig. 2) dont les montants sont en bois et les parois en lucoflex de 2 mm d'épaisseur. Cette cage d'élevage contient 2 rangées de 7 guides en aluminium (fig. 2 A), amovibles, espacés entre eux de 2 cm et destinés à recevoir les paillassons dont l'épaisseur initiale est passée du fait du gonflement par l'humidité de 18 à 20 mm. Sur la face supérieure, deux larges ouvertures de 0,30 m × 0,12 m,

(1) Cette température chute assez brutalement et redevient égale à celle de l'ambiance peu avant l'émergence.

grillagées en métal inoxydable, peuvent être obturées par une glissière en matière plastique de 2 mm d'épaisseur (fig. 2 B). Elles assurent l'aération du bac qui contient de 40 000 à 50 000 nymphes, tout en interdisant les piqûres des parasites en provenance de l'extérieur. Le centre de cette même face est percé d'un trou de 7 mm qui communique avec l'intérieur de la cage par 4 demi-tubes de 10 cm de long et 3 mm de rayon (fig. 2 C). Ces répartiteurs de CO_2 ou d'air comprimé sont taillés en biseau et obturés par une toile métallique très fine. Les parois latérales et le fond du bac sont moulés à chaud et se terminent par deux plans inclinés à 45° (Pl. I, fig. 4 C).

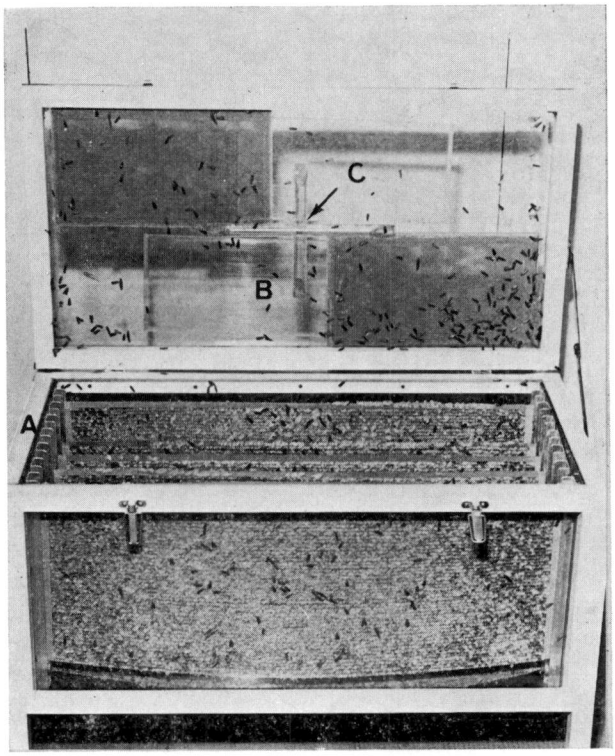


FIG. 2. — *Bacs pour la sortie et la narcose des adultes*

Le CO_2 est introduit à la pression de 1,5 kg pendant 40 secondes. Les adultes glissent le long des parois puis sont directement aspirés dans le pondoir récolteur à l'aide d'un tuyau souple (Pl. I, fig. 4 C). Par cette méthode le renouvellement de l'air est immédiat et la narcose n'excède pas une minute. Selon STRONG *et al.*, 1968, un tel traitement n'affecte pas le potentiel biotique des imagos qui restent d'ailleurs accouplés pendant qu'il a lieu. Immédiatement après cette récolte on injecte dans l'éclosoir de l'air comprimé pour éliminer le CO_2 résiduel.

Les émergences des adultes s'échelonnent sur 40 j mais le nombre de sorties étant maximum entre le 3e et le 20e jour, les bacs ne sont exploités que pendant 20 à 30 jours. Avec un bac mis en place par semaine une production moyenne de 2 500 adultes est assurée journellement.

III. — LA PONTE

1. — *Conditions de l'élevage*

a) *La température.*

Selon PAYNE (1934), la fécondité optimale se situe vers 27°C. A cette température une certaine stérilité s'établit chez les mâles (NORRIS, 1933 ; RAICHOUDHURY, 1936). Il est souhaitable, cependant, d'obtenir des œufs d'âge connu et peu évolués ce qui n'est réalisable qu'à des températures relativement peu élevées. Ces impératifs nous ont conduit à choisir la température constante de 20°C pour les élevages des imagos.

b) *L'humidité.*

Pour VOUKASSOVITCH (1929), la fécondité serait plus élevée en atmosphère sèche qu'en atmosphère humide. L'humidité relative de 60 p. 100 que nous avons adoptée semble très satisfaisante.

c) *La photopériode.*

L'élevage des adultes à l'obscurité totale donne de bons résultats mais, à la suite des travaux de GOLĘBIOWSKA (1968), nous avons pu vérifier qu'un éclairage en lumière orange est préférable. Les radiations dans le rouge et l'orange ont, en effet, une action stimulatrice sur le rythme de ponte et la quantité d'œufs émis. Les femelles d'*Ephestia* abandonnent leur chrysalide au crépuscule comme la plupart des *Pyralidae Phycitinae* et commencent à pondre 5 heures après leur sortie.

NORRIS (1933-1934) a démontré que l'alimentation au stade adulte n'augmentait pas sensiblement la fécondité.

2. — *Les pondoirs*

Ils sont constitués par un cylindre en altuglass de 30 cm de diamètre et 30,5 cm de hauteur composé de 3 parties :

— une chambre de dépression constituée par un fond cylindrique de 4 cm de hauteur présentant latéralement un tuyau souple à sifflet réglable relié à un aspirateur de 400 watts. Quatre écouvillons permettent de relier ce fond au corps du cylindre de manière hermétique (Pl. I, fig. 4 A).

— un corps cylindrique lisse avec poignée dont la partie inférieure est formée par une toile métallique en acier inoxydable de 1 mm de maille. Un orifice de 1,2 cm de diamètre permet l'entrée du tuyau souple pour la collecte des imagos narcosés (Pl. I, fig. 4 B) ;

— un couvercle démontable relié de façon hermétique au corps du cylindre par 4 écouvillons comportant 8 rangées radiales de 4 baguettes d'altuglass finement dépolies espacées de 4 cm et ayant pour longueur, de la périphérie au centre : 8,12, 15 et 21 cm respectivement. Cette disposition en pyramide tronquée assure une bonne répartition des papillons (fig. 3). Il est en effet connu que beaucoup de *Pyra-*

lidae Phycitinae ont un comportement particulier après l'accouplement. En attitude de ponte ou de repos, l'abdomen est bien plaqué contre les supports tandis que le thorax est redressé. Leur équilibre est assuré par le contact des 2e et 3e paires de pattes de part et d'autre du corps tandis que la 1re paire de pattes thoraciques demeure repliée sous le thorax. Cette attitude est facilitée par des supports rugueux tels l'altuglass (Polyméthylacrylate de méthyle), finement dépoli. Présenté sous

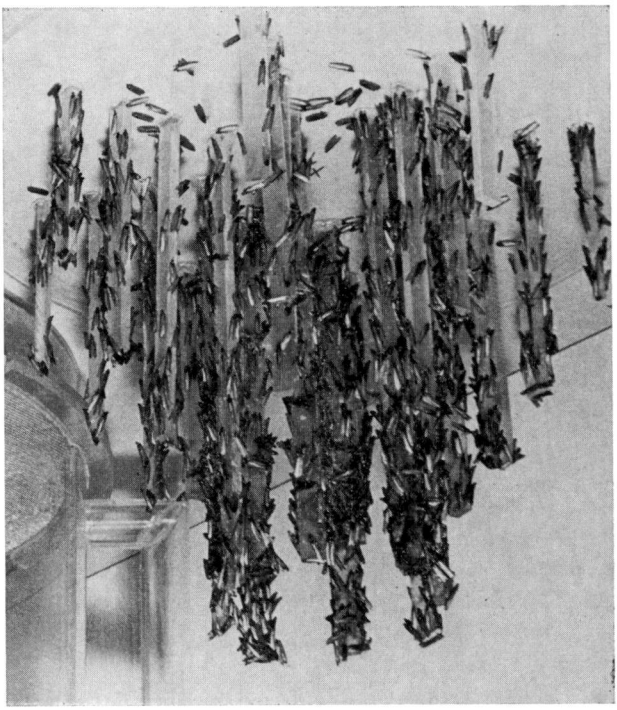


FIG. 3. — *Adultes groupés sur les supports de ponte*

forme de baguette de 5,5 mm de côté disposées verticalement, il reste suffisamment lisse pour que l'oviscapte des papillons n'arrive pas à s'insinuer dans des rugosités et pour que l'œuf émis tombe. La conception du pondoir est fondée sur cette observation.

3. — *La récolte des œufs*

La récolte des œufs a été conçue de telle façon que ces derniers puissent être datés, débarrassés de leurs écailles, récupérés automatiquement et non traumatisés. Nous nous sommes inspirés du système mis au point par ANDREYEV (1) pour la récolte automatique des œufs de *Sitotroga cerealella*. Cet auteur (VOEGELE, 1973) a su porter remède à l'abondance des écailles qui s'échappent des caissettes au

(1) Chef du laboratoire de Biophysique du V. I. Z. R. de Léningrad qui nous a aimablement montré ses installations et nous a autorisés à nous servir de ses réalisations.

moment de la récolte des adultes et des œufs et qui provoquent chez le personnel des cas d'allergies respiratoires. Chez *Ephestia* le même problème se pose avec acuité.

Les pondoirs, débarrassés de leur chambre de dépression, sont disposés sur une ouverture (Pl. I, fig. 1 A) aménagée dans un châssis parallélépipédique de 2,61 m de long sur 0,44 m de large et 0,16 m de haut dans lequel circule un tapis roulant en toile métallique à mailles très fines (14/100 de vide, maille et fil de 9/100) (Pl. I, fig. 1 B).

Les œufs pondus sont recouverts d'une sécrétion collétérique qui les fixe sur le support peu après la ponte. Cette adhérence est supprimée par le passage d'air chaud (29°C) produit par le jeu de deux ventilateurs et d'une résistance chauffante disposés en avant du tapis roulant (Pl. I, fig. 1 C).

Le tapis roulant, mû par un moteur de 35 watts, entraîne les œufs et les écailles vers l'extrémité de l'enceinte. Un dispositif permet de les recueillir et de les débarrasser de leurs écailles. Il comporte :

— un épurateur constitué par une enceinte en altuglass (Pl. I, fig. 1 D et 5). Dans la partie supérieure de ce dernier une fente d'aspiration reliée par un conduit souple à un aspirateur de 400 watts permet d'éliminer les écailles (Pl. I, fig. 5 A). Les œufs plus lourds tombent par simple gravité dans un récolteur (Pl. I, fig. 5 B). Ce dernier est un récipient en altuglass. De l'air comprimé y pénètre (Pl. I, fig. 5 C) et provoque une turbulence qui refoule les écailles entraînées avec les œufs.

— un tuyau percé de trous de 1 mm de diamètre, régulièrement espacés et disposés suivant deux lignes longitudinales (Pl. I, fig. 2 A) qui projette de l'air comprimé sur les mailles du tapis au niveau de la ligne de chute des œufs ;

— un caoutchouc d'essuie glace, transformé en raclette (Pl. I, fig. 2 B) qui complète l'action de l'air comprimé et supprime toutes les impuretés du tapis.

4. — *Fécondité et rendement de l'élevage*

Les fécondités moyennes en œufs par femelle varient considérablement d'un auteur à l'autre : 100 à 130 (Burkhardt, 1919), 118 (Dieuzeide, 1926), 177 à 200 (Payne, 1934) et 240 (Golebiowska, 1968). Le rendement que nous avons calculé à partir de 6 pondoirs de 2 500 adultes exploités durant 6 jours nous donne une moyenne de ponte par femelle de 241 œufs à 20°C.

L'unité de production que nous venons de décrire nous procure une moyenne de 300 000 œufs/jour pour 10 minutes de travail. Les œufs stériles sont rares (2 à 3 pour 8 000 œufs). Une certaine perte n'est observée qu'au cours du développement larvaire et nymphal (48 000 nymphes pour un élevage de 61 250 œufs). Celle-ci provient essentiellement des chenilles et nymphes retardataires que nous éliminons volontairement.

IV. — PROPHYLAXIE

Nous avons dû tenir compte pour la mise au point de notre technique d'un certain nombre d'écueils provoqués par divers parasites et prédateurs.

A. — *Nemeritis canescens* GRAV. et *Habrobracon hebetor* SAY.

Ces deux braconides sont présents dans l'environnement naturel de la station. On les observe autour des salles d'élevage de mai à octobre. Si la moindre possibilité de rencontre avec les chenilles est offerte, surtout dans le cas de la seconde espèce, la production d'un bac d'élevage peut se trouver diminuée de 20 p. 100 par l'entrée inopinée d'une femelle. Ce danger est écarté du fait de la protection des chenilles, d'une part dans les bacs, d'autre part dans l'armoire à bacs et même dans les enceintes de nymphose où un double grillage a été prévu.

B. — *Les acariens*

Les acariens peuvent être responsables de la perte des élevages de *Sitotroga cerealella* du fait que cette teigne est laissée parfois près de 6 mois en présence d'un même aliment. Dans nos élevages les blocs en carton ne restent en contact avec la nourriture que 45 jours, ce qui évite toute pullulation d'acariens.

C. — *Mattesia dispora* NAV.

Cette Neogregarine peut parfois entraîner la perte de la moitié de l'élevage d'*Ephestia*. Elle atteint tous les stades [1] larvaires. Les principaux facteurs susceptibles de provoquer l'épizootie sont :

1° Une trop grande densité des chenilles qui détermine une élévation de la température et un vagabondage en surface des individus malades ce qui entraîne la dissémination des spores.

2° Un air ambiant trop sec qui favorise la dispersion des spores.

3° La conservation de vieux milieux contaminés à proximité de milieux frais.

Notre technique d'élevage pallie à ces causes possibles d'épidémie. Le passage des bacs à température basse (12°C) ou alternée (25-12°C) diminue l'échauffement et ralentit le vagabondage des chenilles. Une autre précaution consiste à recueillir avec un aspirateur, avant la collecte des imagos, les chenilles contaminées qui finissent par se laisser tomber au fond du bac d'éclosion.

V. — CONCLUSION

La production en masse des Trichogrammes est, avant tout, tributaire de la disponibilité à grande échelle d'un hôte de qualité, facile à produire. *E. kuehniella* semble particulièrement désigné pour remplir ce rôle. Il présente par rapport à *Sitotroga cerealella*, qui l'a devancé jusqu'à présent dans cet emploi, de nombreux avantages. Sa fécondité est nettement plus élevée et ses œufs se conservent au froid de façon remarquable tout en assurant au Trichogramme produit des perfor-

[1] Nous remercions vivement M. ORMIÈRES de la Faculté de Montpellier pour la détermination de cet agent pathogène et pour les précieuses indications qu'il nous a fournies sur son cycle.

mances accrues. Son élevage peut également être réalisé dans des conditions sanitaires optimales du fait du renouvellement de la ration alimentaire et de l'habitat à chaque génération, de la possibilité d'un développement satisfaisant à basse température et du contrôle visuel permanent de l'état des chenilles.

Reçu pour publication en juillet 1974.

SUMMARY

TRICHOGRAMMA.

II. — UNITY OF MASS AND DAILY PRODUCTION OF A SUBSTITUTE HOST : *EPHESTIA KUEHNIELLA* ZELL. (*LEPIDOPTERA, PYRALIDAE*)

From the point of view of multiplication of Trichogramma in large number, a technique of mass production of eggs of *Ephestia kuehniella* ZELL. is described. Among the several advantages, the principal ones are :

1. The permanent sanitary control in rearing due to complete utilization of food in each generation and a part of larval development at low temperatures.

2. The growth of larva reared individually with the help of chambers. Therefore, there is no competition for food ; more-over, it is possible to determine the optimum quantity of food required while safeguarding the advantages of mass rearing.

3. A protection of manipulators against scales is achieved with the help of a cleaning system which is used during operations concerning with collection of egg masses.

4. Minimum manipulation in automatic system due to rolling belt and pneumatic transport of adults.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABBAS H. M., ANWAR M. S., 1963. Breeding of *Corcyra cephalonica* STN. for the mass production of *Trichogramma minutum* RILEY. *Agricult. Pakistan*, **14** (2), 209-214.

ARAMBOURG Y., 1968. *Chelonus eleaphilus* SILV. (Hym. *Braconidae*), parasite de *Prays oleae* (Lep, *Hyponomeutidae*), élevage, caractéristiques morphologiques et biologiques. *Ann. Soc. Ent. Fr.* (N. S.), **4** (2), 383-411.

BENOIS A., MARRO J. P., 1973. Action prédatrice des fourmis sur les œufs de Bombylides. *Entomophaga*, **18** (3), 321-331.

BENSON J. F., 1973. The biology of Lepidoptera infesting stored products, with special reference to population dynamics. *Biol. Rev.*, **48**, 1-26.

BILIOTTI E., DAUMAL J., 1969. Biologie de *Phanerotoma flavitestacea* FISCHER (Hym. *Braconidae*). Mise au point d'un élevage permanent en vue de la lutte biologique contre *Ectomyelois ceratoniae* ZELLER. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **1** (4), 379-394.

BRENIÈRE J., 1962. Les Trichogrammes parasites de *Proceras sacchariphagus*, Borer de la canne à sucre à Madagascar. *Bull. Inst. Rech. Agron. Madagascar*, **7** (3), 42 p.

BRINDLEY T. A., 1930. The growth and development of *Ephestia kuehniella* ZELLER (*Lepidoptera*) and *Tribolium confusum* DUVAL (Coleoptera) under controlled conditions of temperature and relative humidity. *Ann. Ent. Soc. America*, **23**, 740-757.

BURKHARDT F., 1919. Zur biologie der Mehlmotte (*Ephestia kuehniella* ZELL.). *Z. angew Entom.*, **6**, 25-60.

CHEN C. B., 1955. Control of sugar cane borers *Diatraea saccharalis* in Taïwan ; The propagation and liberation of *Trichogramma australicum* GIR. *Taïwan sugar*, **2**, 22-25.

DAUMAL J., 1968. Méthode d'élevage de *Cardiasthetus nazarenus* REUTER (Hemipt. *Anthocoridae*) aux dépens des œufs d'*Anagasta kuehniella* Z. (*Lepidoptera Pyralidae*). *Ann. Epiphyties*, **19** (4), 721-726.

DAUMAL J., JOURDHEUIL P., MARRO J. P., 1973. Acclimatation sur la côte méditerranéenne française de *Phanerotoma flavitestacea* FISCHER (Hym. *Braconidae*, parasite d'*Ectomyelois ceratoniae* ZELLER (Lepid. *Pyralidae*). *Ann. Zool. Écol. anim.*, **5** (4), 593-608.

DIEUZEIDE R., 1926. Le papillon gris de la farine. *Ephestia kuehniella* ZELL. *Rev. Zool. Agric. appl.*, **25**, 17-25.

FERRAN A., LAFORGE J. P., 1973. L'élevage au laboratoire sur hôte de substitution de *Phanerotoma flavitestacea* FISCHER (Hym. *Braconidae*) récolté dans le milieu naturel : conséquences sur le potentiel biotique de l'espèce. *Entomophaga*, **4**, 18.

FLANDERS S. E., 1927. Biological control of the Codling Moth. *J. Econ. Entom.*, **20**, 644.

FLANDERS S. E., 1928. Developments in *Trichogramma* production. *J. Econ. Entom.*, **21**, 512.

FLANDERS S. E., 1929. The production and distribution of *Trichogramma*. *J. Econ. Entom.*, **22** (1), 245-248.

FLANDERS S. E., 1930. Recent developments in Trichogramma production. *J. Econ. Entom.*, **23**, 837-841.

FRAENKEL G. B., BLEWETT M., 1946. The dietetics of the caterpillars of three *Ephestia* species, *E. kuehniella*, *E. elutella* and *E. cautella*, and of a closely related species *Plodia interpunctella*. *J. Exp. Biol.*, **22** (3, 4), 162-171.

FRAENKEL G. B., BLEWETT M., 1946. Linoleic acid, vitamin E and other fat soluble substance in the nutrition of certain insects. *E. kuehniella*, *E. elutella*, *E. cautella* and *Plodia interpunctella*. *J. Exp. Biol.*, **22** (3, 4), 172-190.

GOLEBIOWSKA Z., 1968. Development and fertility of the mediterranean flour moth *Anagasta* (*Ephestia*) *kuehniella* ZELLER (*Lepidoptera, Pyralidae*) in differently coloured vessels. *Ekol. Polska*, **16** A (23), 485-504.

IPERTI G., BRUN J., DAUMAL J., 1972. Possibilité de multiplication des coccinelles coccidiphages et aphidiphages (Coleopt. *Coccinellidae*) à l'aide des œufs d'*Anagasta kuehniella* Z. (*Lepidoptera, Pyralidae*). *Ann. Zool. Écol. anim.*, **4** (4), 555-567.

IPERTI G., TREPANIER-BLAIS N., 1972. Valeur alimentaire des œufs d'*Anagasta kuehniella* Z. (Lepi. *Pyralidae*) pour une coccinelle aphidiphage *Adonia 11 notata* SCHN. (Col. *Coccinellidae*). *Entomophaga*, **17** (4), 437-441.

NICOLAS-GONZALES A., 1966. Influencia de la alimentacion sobre el ciclo y longevidad de *Anagasta kuehniella* ZELL. *P. Inst. Biol. Aph.*, **40**, 5-28.

NORRIS M. J., 1933. Contributions towards the study of insect fertility. II. Experiments on the factors influencing fertility in *Ephestia kuehniella* Z. (Lep. *Phycitidae*). *Proc. Zool. Soc. London*, (4), 903-934.

PAYNE N. M., 1934. The differentiel effect of environmental factors upon *Microbracon hebetor* SAY (*Hymenoptera Braconidae*) and its host *Ephestia kuehniella* ZELLER. (*Lepidoptera Pyralidae*). II. *Ecolog. Monographs*, **4** (2), 1-46.

PERICART J., 1973. Hemiptères *Anthocoridae, Cimicidae, Microphysidae* de l'ouest paléarctique, **7** (p. 68). Masson et Cie Éditeurs Paris.

PU S., LIU C. C., 1962. Sugar cane borers control by *Trichogramma evanescens* WESTW. (en chinois). *Acta, entom. Sin.*, **11**, 409-414.

RAICHOUDHURY D. P., 1936. Retardation of spermatogenesis and reduction of motility of sperm in *Ephestia kuehniella Z.* (*Lepidoptera, Phycitidae*) caused by high temperature. *Proc. zool. Soc. London*, 789-805.

RICHARDSON C. H., 1926. A physiological study of the growth of the Mediterranean flour moth (*Ephestia kuehniella* ZELL.). *J. Agric. Res.*, **32**, 895-929.

ROESLER U., 1965 *a*. Untersuchungen über die Systematik und Chorologie des *Homoeosoma-Ephestia* Komplexes (*Lepidoptera Phycitidae*). Thèse Doct. Faculté Math et Sc. Nat. de Sarrebrück, 266 p.

ROESLER U., 1965 *b*. Chorologische Untersuchungen über den *Homoeosoma-Ephestia* Komplexus (*Lepidoptera Phycitidae*) in paläarktischen Raum. *Zool. Beitr.*, **3** (4), 318-349.

ROESLER U., 1966. Beschreibung von neuen Taxa des *Homoeosoma-Ephestia* Komplexes (*Lepidoptera Phycitidae*) aus der Paläarktis. *Beitr. Nat. Forsch. S. W. Deutschl.*, **25** (1), 43-69.

SALT G., 1935. Experimental studies in insect Parasitism. III. Host selection. *Proc. Roy. soc. Biol.*, **117**, 413-435.

SCHUTTE F., FRANZ J., 1961. Untersuchungen zur Apfelwicklerbekämpfung (*Carpocapsa pomonella* L.) mit Hilfe *Trichogramma embryophagum* HART. *Entomophaga*, **6** (4), 237-247.

SEHL A., 1931. Furchung und Bildung der Keimanlage bei der Mehlmotte *Ephestia kuehniella* ZELL. nebst einer allgmeinen Übersicht über den Verlauf der Embryoalentwicklung. *Z. Morphol. Ökol.*, **20**, 533-598.

SIDDIQUI W. H., BARLOW C. A., 1973. Population growth of *Anagasta kuehniella* (*Lepidoptera Pyralidae*) at constant and alternating temperatures. *Ann. entom. Soc. Amer.*, **66** (3), 579-585.

STEIN W., 1960. Investigations concerning the biological control of the apple moth by means of eggs parasites of the genus *Trichogramma*. *Entomophaga*, **5** (3), 237-259.

STRONG R. G., PARTIDA G. J., WARNER D. N., 1968. Rearing stored products insects for laboratory studies : six species of Moths. *J. Econ. Entom.*, **61** (5), 1237-1249.

ULLYETT G. C., VAN DER MERWE J. S., 1947. Some factors influencing population growth of *Ephestia kuehniella* ZELL. (Lep., Phycitid.). *J. Ent. Soc. S. Africa*, **10**, 46-63.

VOEGELE J., 1973. Compte rendu d'une mission d'étude en U. R. S. S. sur les Trichogrammes et sur les possibilités d'une coopération de recherches scientifiques avec établissement de conventions entre la station de lutte biologique d'Antibes et le V. I. Z. R. de Léningrad. *Stat. Zool. et lutte biol. Antibes*, 27 p.

VOEGELE J., DAUMAL J., BRUN P., ONILLON J., 1974. Les Trichogrammes. III. Action du traitement au froid et aux Ultraviolets de l'œuf d'*Ephestia kuehniella* ZELL. (*Pyralidae*) sur la fertilité de *Trichogramma evanescens* WESTW. et *T. brasiliensis* ASHM. (*Hymenoptera, Trichogrammatidae*). *Entomophaga*, **19**, 341-348.

VOUKASSOVITCH P., 1929. Observations biologiques sur un Lépidoptère (*Ephestia kuehniella* ZELL.). *C. R. Soc. Biol.*, **1**, 63-66.

PLANCHE I

FIG. 1

Récolteur automatique d'œufs

FIG. 2

Détail du déversoir des œufs à l'extrémité du tapis roulant

FIG. 3

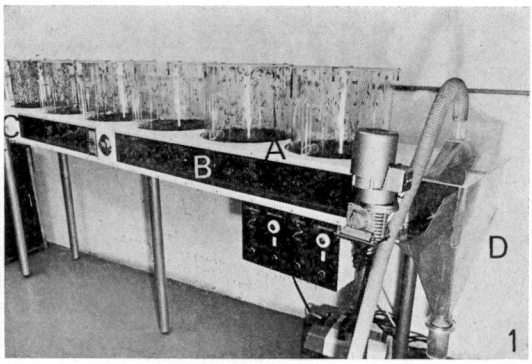
Bac pour le développement préimaginal

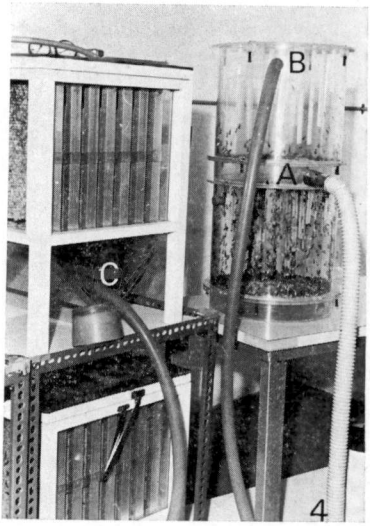
FIG. 4

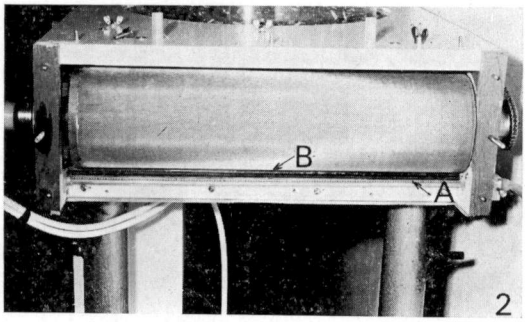
Pondoirs et récolte des adultes narcosés

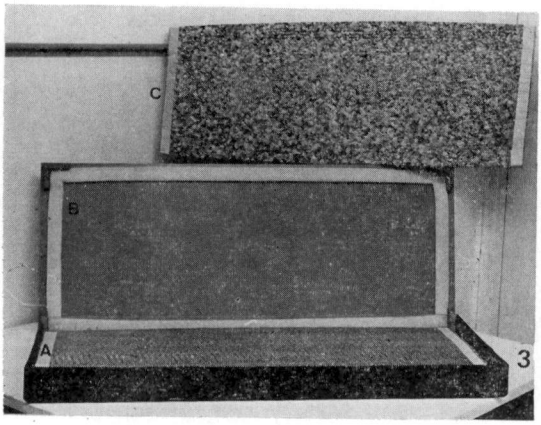
FIG. 5

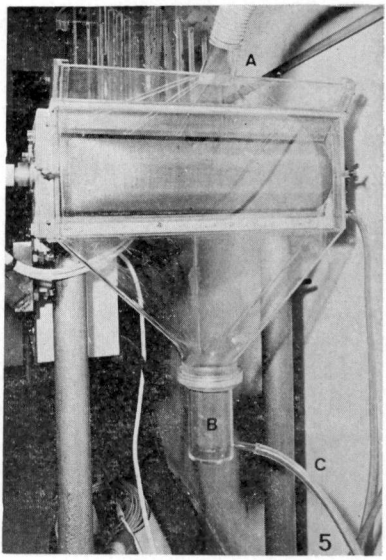
Épurateur


C
B
A
D
1


B
A
C
4


B
A
2


C
B
A
3


A
B
C
5

Ann. Zool. - Écol. anim., 1975, 7 (1), 61-80.

LE PIÉGEAGE DU CARPOCAPSE (*LASPEYRESIA POMONELLA* L.) AVEC UNE PHÉROMONE SEXUELLE DE SYNTHÈSE : PREMIERS RÉSULTATS UTILISABLES POUR L'ESTIMATION DES POPULATIONS ET LA CONDUITE DE LA LUTTE (1)

H. AUDEMARD et H. G. MILAIRE

Station de Zoologie,
Centre de Recherches d'Avignon, I. N. R. A.,
84140 Montfavet

Station de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
78000 Versailles

RÉSUMÉ

La substance chimique *trans-8-trans-10 dodecadien-1-ol* (spécialité Codlemone produite par Zoecon Corp.) a été employée en 1972 et 1973 pour le piégeage sexuel du Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) dans deux régions françaises.

Sur cinq modèles de pièges qui ont été comparés, aucun ne s'est montré supérieur aux autres de façon régulière. Le « Phérotrap 1 C » est le modèle actuellement commercialisé et utilisé en France.

Le piégeage sexuel paraît donner des résultats représentatifs de l'évolution et de l'activité des adultes du Carpocapse et son emploi devrait supplanter avantageusement les autres méthodes de piégeage.

L'estimation de la population du Carpocapse par les méthodes des bandes-pièges et des cagettes nous a montré que 3 pièges sexuels par hectare capturent 25 à 35 p. 100 des papillons mâles de chacun des vols. Il est cependant prématuré de vouloir estimer la population d'une parcelle par le piégeage sexuel.

L'utilisation d'un seuil « d'intensification-diminution du vol », fixé à une capture par piège et par semaine, facilite la prévision du risque et permet de diminuer le nombre de traitements dans les vergers soumis à une lutte dirigée.

---

(1) Communication présentée à la 4e réunion du groupe de travail sur la Lutte génétique contre le Carpocapse et *Adoxophyes* de l'O. I. L. B.-S. R. O. P. (Organisation internationale de lutte biologique contre les animaux et les plantes nuisibles. Section régionale ouest paléarctique. Wädenswil, 26-29 novembre 1973).

I. — INTRODUCTION

La surveillance de la présence et de l'activité des papillons de Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) dans les vergers est une des méthodes qui est à la base de la prévision des attaques. Cette surveillance était exercée jusqu'à ces dernières années au moyen de pièges alimentaires ou lumineux qui présentent de sérieux défauts (BOVEY, 1966). L'insuffisance de leurs résultats est encore accentuée dans les vergers commerciaux, où, du fait de la lutte chimique, on se trouve en présence de populations basses.

L'utilisation de femelles vierges comme appât a révélé aussi des inconvénients : difficultés d'approvisionnement des pièges, irrégularités dans les captures liées à la température (GRANGES *et al.*, 1970).

La mise en évidence de l'attraction exercée sur les mâles par des extraits de femelles vierges (BUTT et HATHAWAY, 1966) a débouché sur la découverte et la fabrication d'une phéromone sexuelle de synthèse (ROELOFS *et al.*, 1971).

La substance chimique *trans-8, trans-10 dodecadien-1-ol* (capsule titrant 1 mg de la spécialité Codlemone produite par Zoecon Corp.) a été employée en France à titre expérimental pour le piégeage sexuel du Carpocapse dès 1972. Les premières informations obtenues (MILAIRE, 1973) indiquaient :

— une bonne spécificité de la substance vis-à-vis du Carpocapse [1] dont les papillons sont facilement identifiables dans les pièges,

— une efficacité telle que ce procédé de piégeage était de nature à supplanter le piégeage alimentaire et le piégeage lumineux utilisés par les Stations d'avertissements agricoles du Service de la Protection des Végétaux.

Des travaux plus approfondis ont été menés parallèlement dans la région parisienne et la vallée du Rhône. Ils ont été orientés par trois utilisations possibles du piégeage :

— surveillance de l'activité et de l'évolution du Carpocapse ;

— estimation des populations ;

— amélioration des mesures de lutte (lutte dirigée et intégrée).

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. — *Comparaison de modèles de piège*

Plusieurs essais ont été mis en place en verger de pommiers afin de comparer 5 modèles de pièges :

a) Piège *cylindrique* du type recommandé par l'O. I. L. B.-S. R. O. P. avec déflecteur *horizontal*.

b) Piège *cylindrique* du type recommandé par l'O. I. L. B.-S. R. O. P. avec déflecteur *vertical*.

[1] Dans une étude publiée dans les *Annales de Zoologie-Écologie animale*, vol. 6, n° 3, J. d'AGUILAR, J. P. CHAMBON établissent entre autres, l'inventaire qualitatif et quantitatif des Tortricides autres que *L. pomonella* capturé avec Codlemone.

Ces pièges sont fabriqués à partir de boîtes cylindriques en carton paraffiné (10 cm de diamètre et 15 cm de long). Le fond et le couvercle sont évidés sur la moitié de leur surface. La glu est déposée sur un support souple (carton, rhodoïd, etc.), amovible, qui épouse la surface de la paroi interne. La capsule est suspendue à l'intérieur du piège dans sa partie médiane. Le piège est accroché horizontalement dans les arbres.

c) Piège « *Phérotrap 1 C* », fourni par Zoecon Corp., dérivé du modèle décrit par HOWELL (1972).

Il est formé de deux éléments de carton paraffiné de 28 × 23 cm. Après pliage latéral leur donnant une forme incurvée, ces éléments sont assemblés, la face convexe en bas, et maintenus par un fil de fer à un écartement moyen de 6 cm. La capsule est simplement déposée sur la surface intérieure pré-engluée dans la partie inférieure.

d) Piège « *Sectar 1* », fabriqué par 3 M Company, a été décrit par ROELOFS et COMEAU, 1970.

Il est formé d'un carton paraffiné de 15 × 15 cm préplié. Il se présente, après déploiement, avec un fond convexe recouvert d'un toit qui lui est solidaire. Les extrémités ouvertes comportent un petit déflecteur. Tout l'intérieur est englué et la capsule est placée à la partie inférieure, à même la glu.

e) Piège « *VC Phéromone trap* » (BATISTE et JOOS, 1972) que nous qualifions de « piège Batiste ».

Ce piège est formé d'un plat circulaire de 25,5 cm de diamètre avec des bords de 3,8 cm de haut. Il est surmonté d'un couvercle conique de 28 cm de diamètre et de 10 cm de haut. Les deux éléments sont séparés par un espace de 8 cm environ. Le tout est tenu par des chaînettes. Le plat est recouvert de papier englué à l'intérieur ; la capsule est suspendue sous le couvercle ou placée sur la glu.

Les pièges sont accrochés dans la zone périphérique de la couronne des arbres, à hauteur d'homme. Toutes les 6 semaines environ, les capsules imprégnées de Codlemone sont renouvelées. Les relevés sont effectués trois fois par semaine et une rotation des pièges, qui occupent successivement chacun des emplacements, intervient.

2. — *Surveillance de l'évolution et de l'activité des adultes*

En conformité avec les recommandations du groupe de travail O. I. L. B.-S. R. O. P., chaque unité ou poste de piégeage standard comprend 3 pièges pour une superficie de l'ordre de 1 hectare de verger. Ces pièges sont distants de 30 à 50 mètres et disposés selon un axe perpendiculaire au vent dominant. Les captures sont comptées trois fois par semaine.

Les sorties d'adultes des 2 vols sont suivies dans des cages placées sur le sol, à l'abri d'une des lignes d'arbres d'un verger de pommiers, c'est-à-dire dans des conditions voisines de celles qui existent dans les sites à cocon des larves. En effet, dans les vergers modernes comportant des arbres à troncs lisses, les larves de Carpocapse confectionnent leurs cocons en grande majorité au collet des arbres et dans des débris divers sur le sol (CAUSSE R., communication personnelle).

Les adultes du premier vol sont issus des larves diapausantes capturées l'année précédente dans les bandes-pièges et placées dans les cages. Les adultes du deuxième vol proviennent des nymphes issues de la population larvaire de première génération capturées dans des bandes-pièges mises en place dans le verger (AUDEMARD, 1973 *a*).

3. — *Estimation des populations*

Le « rendement » du piégeage sexuel pour chaque vol a été évalué par comparaison avec la population estimée par les méthodes des bandes-pièges et des cagettes (AUDEMARD, 1974 *a*). Les bandes de carton ondulé sont disposées autour des troncs et capturent les larves qui quittent le fruit et recherchent un abri. Quarante bandes-pièges sont installées par parcelle de 1 hectare environ et observées hebdomadairement. On dénombre périodiquement les individus capturés (quelques nymphes et surtout des larves) qui sont placés dans des cagettes grillagées contenant du carton ondulé. L'observation à intervalles réguliers de ces cagettes permet de déterminer le nombre de nymphes et le nombre de larves diapausantes.

Les captures d'imagos sont effectuées dans plusieurs parcelles de pommiers d'une superficie de 1 hectare environ. Chacune d'elles forme une « unité de piégeage » équipée de 3 pièges. Une de ces parcelles, désignée sous la référence G 2, dont la surface est limitée à 0,5 hectare, constitue également une unité de piégeage, ce qui amène, dans ce cas, au doublement de la densité des pièges.

4. — *Modulation de la lutte chimique* (lutte dirigée)

Dans la vallée du Rhône, un aménagement de la lutte chimique est déjà appliqué avec succès (AUDEMARD, 1973 *a*). Dans les vergers soumis à cette lutte dirigée, les traitements sont appliqués obligatoirement contre l'une des deux générations annuelles pour assurer une « régulation de base » de la population, l'opportunité des interventions à l'encontre de l'autre génération étant fonction du risque des dégâts. Dans ce cas, la prévision des attaques intervient à moyen terme à l'aide de la méthode des bandes-pièges.

Tout en maintenant cet aménagement, nous avons modulé la périodicité des traitements insecticides en utilisant les informations fournies par le piégeage. En début et en fin de vol, un seuil d'intensification ou de diminution de 3 captures par semaine (total de trois relevés successifs) pour 3 pièges par hectare, a été retenu. Les dates de début et de fin de protection sont alors calculées, compte tenu des conditions de température favorables à l'activité sexuelle, à la ponte et à l'évolution embryonnaire. Toutefois, en fin de vol, on considère que les femelles peuvent être encore présentes dans le verger 5 jours après la date où l'effectif des captures tombe en dessous du seuil de diminution.

Dans le but de vérifier si les attaques sur fruits sont inférieures au seuil de tolérance, un contrôle de sécurité par examen visuel des attaques est effectué périodiquement sur 1 000 fruits selon une méthode normalisée (AUDEMARD, 1973 *b*).

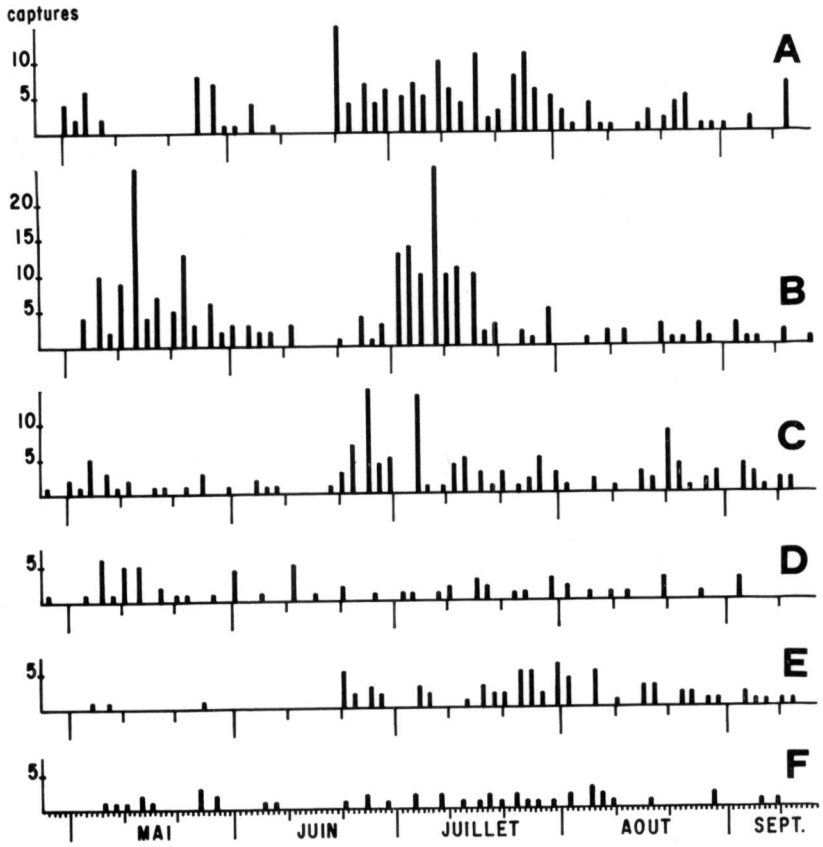


FIG. 1. — *Histogramme des captures de Carpocapse* (Laspeyresia pomonella *L.*) *par piégeage, avec une phéromone sexuelle de synthèse, en 1972 et 1973, dans 3 vergers* Avignon (84) (3 relevés par semaine)

Pommier, Golden, plein vent, 29 ans	A = 1972	B = 1973
Poirier, Williams, espalier, 29 ans	C = 1972	D = 1973
Poirier, Passe-crassane, espalier, 7 ans	E = 1972	F = 1973

III. — RÉSULTATS

L'emploi des histogrammes des captures (fig. 1) est peu propice à l'étude et la comparaison des résultats. En effet, par suite de la fréquence irrégulière des relevés, l'établissement d'histogrammes conduit à des anomalies d'interprétation, en particulier, les pointes de captures sont parfois exagérément accentuées. D'une façon générale, le niveau de capture est souvent élevé la première semaine en raison de la protandrie.

TABLEAU I

Comparaison de l'efficacité sur le Carpocapse (Laspeyresia pomonella L.) de divers modèles de pièges appâtés avec une phéromone sexuelle de synthèse

Vallée du Rhône

Modèle de piège (1) Position capsule		Vol observé	Nombre mâles capturés pour 1 piège	Classement (2)
Essai d'Avignon (84) 1973				
S	bas	2 + 3	49^{a}	1
PCH	haut	1	40^{ab}	2
Ph	bas	2 + 3	38^{ab}	2
S	bas	1	32^{bc}	3
PCH	haut	2 + 3	25^{cd}	4
Ph	bas	1	20^{d}	5
PCV	haut	2 + 3	19^{d}	5
PCV	haut	1	17^{d}	5
Essai de Saint-Marcel-les-Valence (26) 1973				
Ph	bas	2	63^{a}	1
S	bas	2	42^{b}	2
PCV	bas	2	30^{c}	3
PCH (3)	bas	2	26^{c}	3
PCH (3)	bas	1	26^{c}	3
PCV	bas	1	26^{c}	3
Ph	bas	1	11^{d}	4
S	bas	1	5^{b}	5

(1) PCH : Piège cylindrique déflecteur vertical (O. I. L. B.) ;
PCV : — — — horizontal (O. I. L. B.) ;
Ph : Pherotrap 1 C ;
S : Sectar.

(2) Les chiffres suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement entre eux au seuil P = 0,05 χ^2.

(3) Déflecteur horizontal placé à la partie haute.

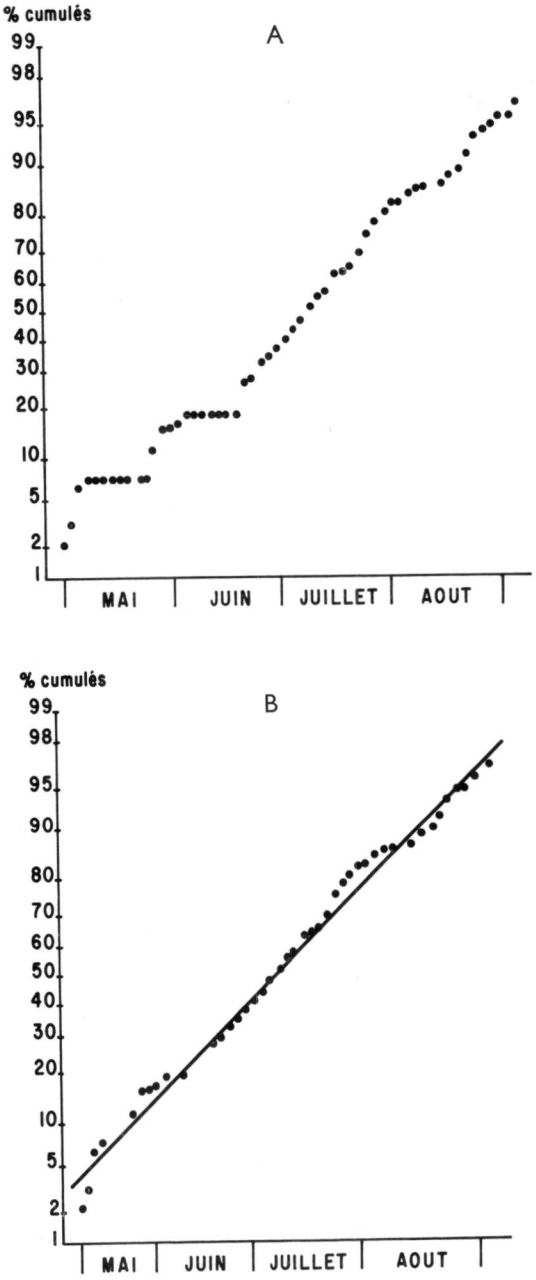


FIG. 2. — *Représentation de l'évolution des captures de Carpocapse* (Laspeyresia pomonella *L.*) *par piégeage avec une phéromone sexuelle de synthèse ; influence des températures crépusculaires.* (Sur l'échelle de probabilité normale, les paliers-graphique A disparaissent si on élimine en abcisse les jours à température crépusculaire + 15°C, graphique B).

Nous utilisons une autre représentation graphique sur un papier portant une échelle de probabilité normale ou gausso-arithmétique (DUFRENOY, 1957). Les pourcentages des captures cumulées sont portés sur l'ordonnée (échelle de probabilité) par référence aux dates des captures qui sont portées sur l'abcisse (échelle arithmétique). On obtient alors une droite si les captures sont régulières. Fréquemment, des paliers ou des ruptures apparaissent dans la droite (fig. 2). Ces anomalies mettent en évidence l'existence de perturbations que nous avons interprétées.

L'intervalle entre les vols a été souvent précisé à l'aide de ces graphiques (fig. 3).

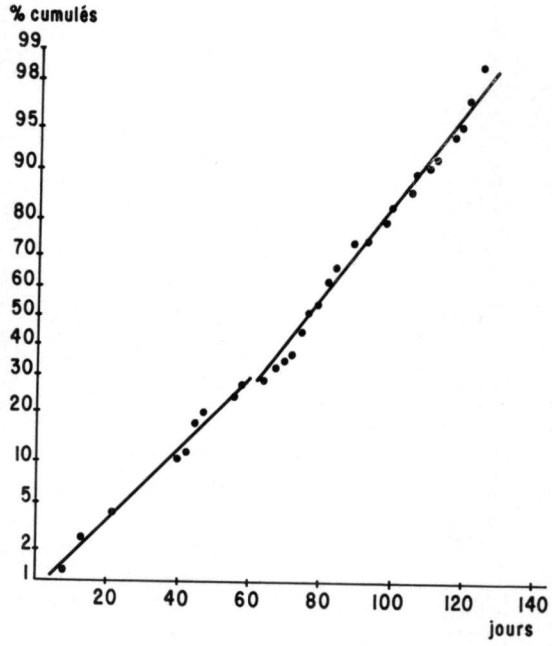


FIG. 3. — *Séparation des 2 vols de Carpocapse* (Laspeyresia pomonella *L.*)
Une rupture apparaît dans la droite tracée
après élimination de l'échelle d'abcisse des jours où la température crépusculaire est + 15°C
Poirier, Passe-crassane, espalier, 6 ans. Avignon 1972

1. — *Comparaison des modèles de pièges*

Les résultats sont détaillés dans les tableaux 2 et 3. Les vols sont séparés, lorsque cela est possible, par la méthode graphique qui vient d'être décrite.

L'analyse de variance n'étant pas applicable, nous avons employé une analyse statistique des données de fréquence par un test χ^2.

Une différence significative ($p = 0{,}05$) entre les modèles de pièges est ainsi mise en évidence pour chacun des vols. Mais il est très difficile d'établir un classement général, aucun piège n'ayant fait preuve d'une supériorité régulière dans tous les cas.

TABLEAU 2

Comparaison de l'efficacité sur le Carpocapse (Laspeyresia pomonella *L.*) *de divers modèles de pièges appâtés avec une phéromone sexuelle de synthèse*

Région Parisienne

Modèle de piège (1) Position capsule	Vol observé	Nombre mâles capturés pour 1 piège	Classement (2)
Essai de Versailles (78) 1972 (3)			
Ph bas	1	103^{a}	1
PCV milieu	1	64^{b}	2
Essai de La Minière (78) 1972 (3)			
Ph bas	1	32^{a}	1
PCV milieu	1	14^{b}	2
Essai de Versailles (78) 1973			
Ph bas	1	65^{a}	1
Ba bas	2	45^{b}	2
Ba bas	1	20^{c}	3
Ph 1 CP bas	2	16^{d}	4
Ph bas	2	15^{d}	4
Essai de Saint-Cyr (78) 1973			
PCV milieu	1	12^{a}	1
Ph bas	1	10^{ab}	2
Ba milieu	1	9^{abc}	3
S bas	1	8^{abc}	4
PCH milieu	1	8^{abcd}	4
Ba milieu	2	6^{bcde}	5
PCH milieu	2	5^{cde}	6
PCV milieu	2	4^{def}	7
S bas	2	3^{ef}	8
Ba bas	1	3^{ef}	8
Ba bas	2	2^{fg}	9
Ph bas	2	1^{g}	10

(1) PCH : Piège cylindrique déflecteur horizontal (O. I. L. B.) ;
PCV : — — — vertical (O. I. L. B.) ;
Ph : Pherotrap I C; Ph 1 CP ; Pherotrap avec ouverture réduite à chaque extrémité ;
S : Sectar ;
Ba : Piège Batiste.

(2) Les chiffres suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement entre eux au seuil P = 0,05 (χ^2).

(3) Sans rotation des pièges.

TABLEAU 3

Étude du rendement sur le Carpocapse (Laspeyresia pomonella *L.*)
d'un poste de 3 pièges appâtés avec une phéromone sexuelle de synthèse

Caractéristiques de la parcelle d'observation (Avignon) (Barthelasse)	Nombre arbres	Population de Carpocapse (estimée par les bandes-pièges)		Population ♂ après mortalité			Vol observé	Nombre papillons capturés	Pourcentage capturé par rapport population ♂ après mortalité		
		Larves hivernantes		*Mortalité* (2)					*Mortalité*		
		♂ + ♀	♂	40 %	50 %	60 %			40 %	50 %	60 %
Pommier											
Golden, espalier 9 ans (G 4)	486	792,9	396,5	237,8	198,2	158,5	1er	66	27,74	33,29	41,61
Golden, plein vent 29 ans.....	500	1 352,8	676,4	405,8	338,2	270,5	1er	109	26,85	33,22	40,28
Golden, plein vent 9 ans (G 2)...	180	245,3	122,6	73,5	61,3	49,0	1er	54	73,37	87,99	100
		Nymphes 1re générat.		*Mortalité*		(2)			*Mortalité*		
				20 %	30 %				20 %	30 %	
Golden, espalier 9 ans (G 4).....	486	816,2	408,1	326,4	285,6		2-3e	100	30,62	35,00	
Golden, plein vent 9 ans (G 1)..	206	661,8	330,9	264,7	231,6		2-3e	90	33,99	38,85	
Golden, plein vent 9 ans (G 3)...	570	1 454,3	727,1	581,7	509,0		2-3e	138	23,72	27,11	

(1) La population de cette parcelle est en réalité répartie sur 255 arbres en tenant compte d'une haie de poiriers Guyot contiguë comptant 75 arbres. La densité de pièges est le double de celle des autres parcelles.

(2) La mortalité des larves susceptibles d'hiverner a été estimée entre 40 et 60 p. 100.
La mortalité des nymphes susceptibles de se former a été estimée de 20 à 30 p. 100.

2. — *Surveillance de l'évolution et de l'activité des adultes*

Les résultats de captures relevées dans les unités de piégeage, interprétés à l'aide de la méthode graphique précédemment décrite, nous fournissent les informations suivantes :

— La température crépusculaire inférieure ou égale à + 15°C exerce une influence perturbatrice sur l'allure du vol. Les paliers constatés dans les graphiques disparaissent si l'on supprime de l'échelle des dates, les jours où la température crépusculaire est inférieure ou égale à + 15 (fig. 2) ;

— La lutte chimique pratiquée sur la génération dont sont issus les papillons capturés modifie l'allure des captures (fig. 4). Les droites de captures des parcelles Combes et G 4 présentent des ruptures vers les niveaux 40-60 p. 100. Dans la parcelle G 2, seule se manifeste la cassure due à la protandrie au début du vol au point 12 p. 100 ;

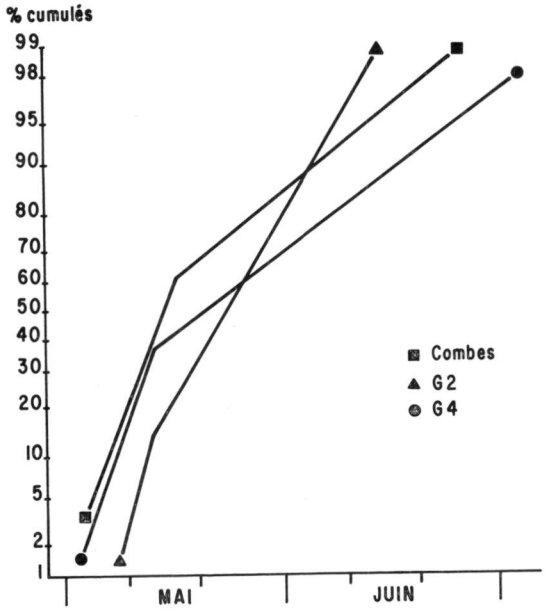


FIG. 4. — *Comparaison des captures de Carpocapse* (Laspeyresia pomonella *L.*) *par piégeage avec une phéromone sexuelle de synthèse, durant le 1er vol, dans 3 parcelles d'un verger de pommiers*

Combes : Golden, plein vent, 29 ans
G 2 : Golden, plein vent, 9 ans
G 4 : Golden, espalier, 9 ans

— Un troisième vol a été mis en évidence en 1973 dans la région d'Avignon (fig. 5). Ce résultat est confirmé par les observations effectuées dans les mêmes parcelles avec les méthodes des bandes-pièges et des cagettes décrites par ailleurs. L'existence d'un troisième vol dans cette région, qui paraissait possible certaines années (GUENNELON G., communication personnelle) n'avait pas encore été démontrée ;

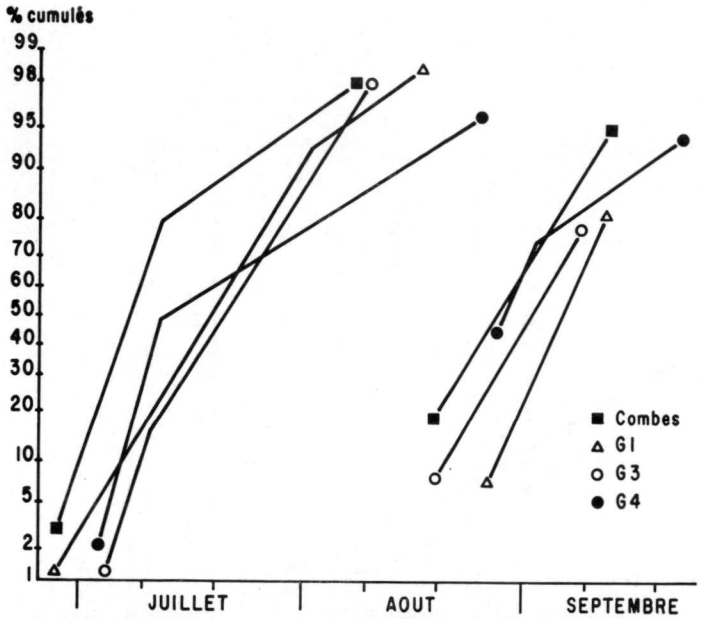


FIG. 5. — *Comparaison des captures de Carpocapse* (Laspeyresia pomonella *L.*) *par piégeage avec une phéromone sexuelle de synthèse, durant les 2e et 3e vols, dans 4 parcelles d'un verger de pommiers*
Avignon 1973

Combes : Golden, plein vent, 29 ans
G 1 : Golden, plein vent, 9 ans
G 3 : Golden, espalier, 9 ans
G 4 : Golden, espalier, 9 ans

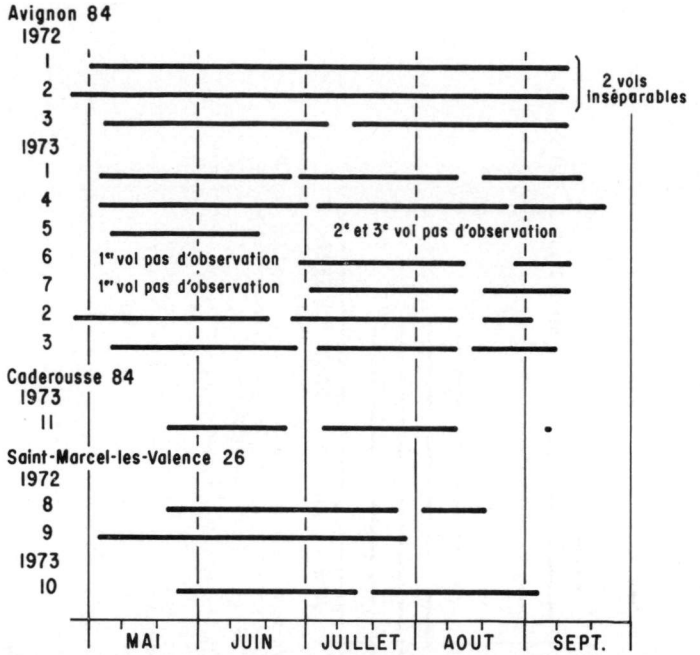


FIG. 6. — *Limite des périodes de capture de Carpocapse* (Laspeyresia pomonella *L.*) *par piégeage avec une phéromone de synthèse, en 1972 et 1973 dans la vallée du Rhône*

1 : Pommier, Golden, plein vent, 29 ans
2 : Poirier, Williams, espalier 29 ans
3 : Poirier, Passe-crassane, espalier, 7 ans
4 : Pommier, Golden, espalier 9 ans (G 4)
5 : Pommier, Golden, plein vent, 9 ans (G 2)
6 : Pommier, Golden, plein vent, 9 ans (G 1)
7 : Pommier, Golden, espalier, 9 ans (G 3)
8 : Pommier, Golden, plein vent, 5 ans
9 : Pommier, Golden, plein vent, 7 ans
10 : Pommier, Golden, espalier, 5 ans
11 : Pommier, Golden, espalier, 9 ans

(les parcelles 1 à 7 font partie du même verger)

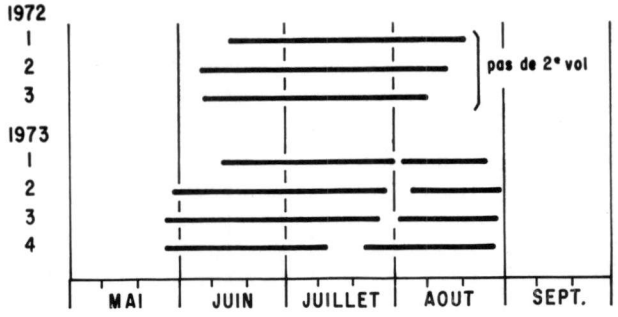


FIG. 7. — *Limite des périodes de captures de Carpocapse* (Laspeyresia pomonella *L.*) *en verger de pommiers par piégeage avec une phéromone de synthèse, en 1972 et 1973 dans la Région parisienne*

1 : Golden + Reine des reinettes, gobelet 16 ans — Versailles (78)
2 : Golden, espalier, 8 ans — La Minière (78)
3 : Golden, espalier, 11 ans — La Minière
4 : Golden + Reine des reinettes, espalier, 8 ans — St-Cyr (78)

(l'âge des plantations est donné pour 1973)

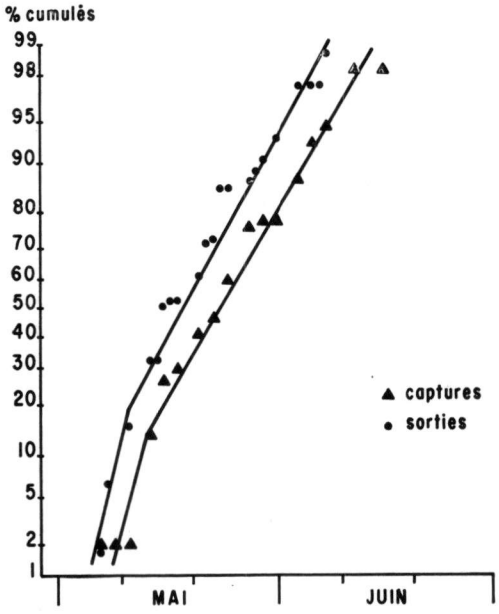


FIG. 8. — *Comparaison pour le 1er vol de Carpocapse* (Laspeyresia pomonella *L.*) *des captures par piégeage avec une phéromone sexuelle de synthèse, et des sorties d'imagos en cage*

G 2 : Golden, plein vent, 9 ans. Avignon, 1973

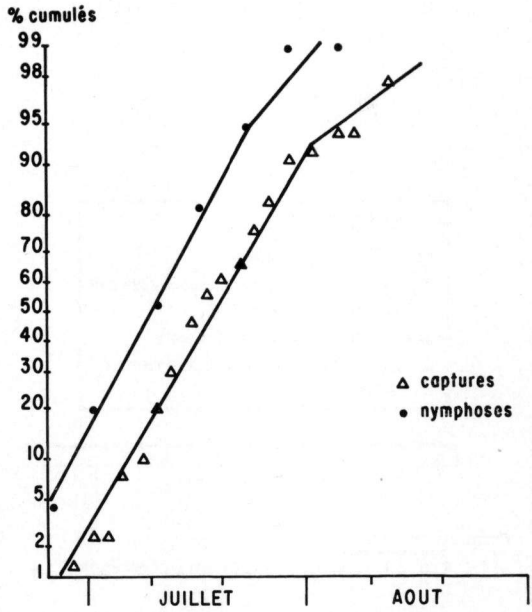


FIG. 9. — *Comparaison pour le 2e vol de Carpocapse* (Laspeyresia pomonella *L.*) *des captures par piégeage avec une phéromone sexuelle de synthèse, et des nymphoses observées dans les bandes-pièges et les cagettes*

G 1 : Golden, plein vent, 9 ans. Avignon, 1973

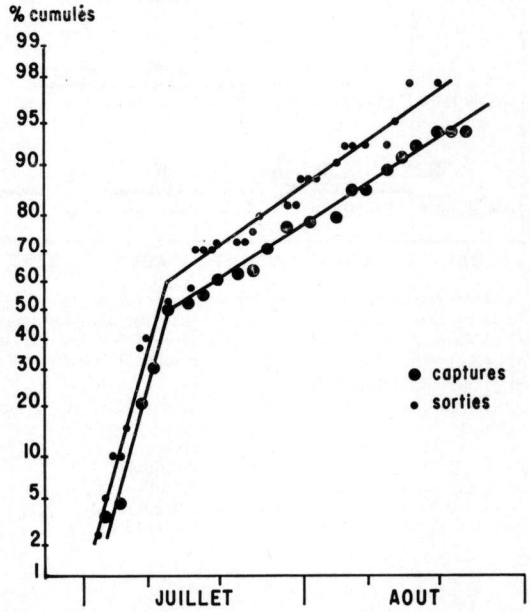


FIG. 10. — *Comparaison pour le 2e vol de Carpocapse* (Laspeyresia pomonella *L.*) *des captures par piègeage avec une phéromone sexuelle de synthèse, et des sorties d'imagos en cage*

G 4 : Golden, espalier, 9 ans. Avignon, 1973

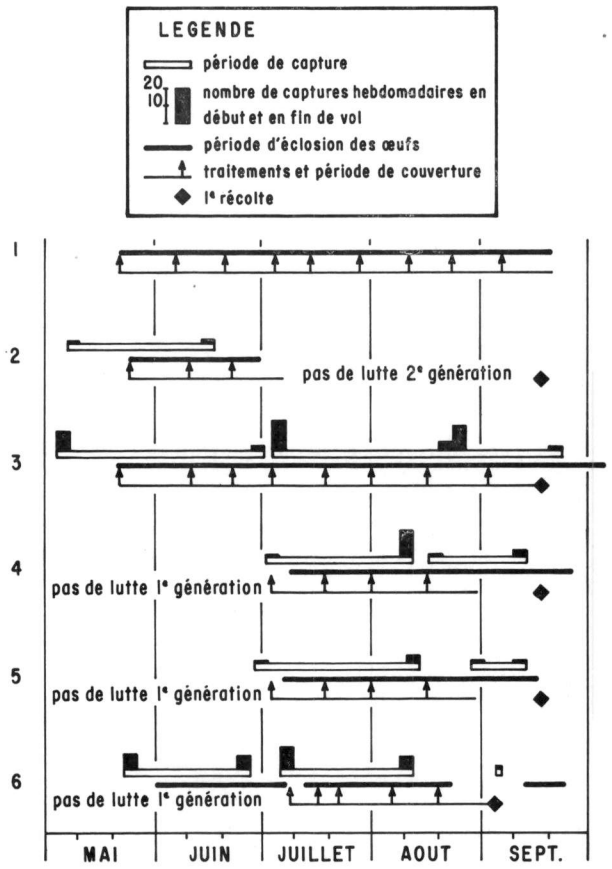


FIG. 11. — *Exemples de modulation de la lutte chimique contre le Carpocapse* (Laspeyresia pomonella *L.*) *dans la vallée du Rhône en 1973, en fonction de la prévision des attaques à moyen terme* (méthode des bandes-pièges) *et des captures par piégeage avec une phéromone sexuelle de synthèse* (seuil en début et fin de vol, 1-3 captures par semaine pour 3 pièges hectare). Les attaques à la récolte ont été inférieures à 2 p. 100 dans toutes les parcelles.

1 : Protection suivant les avis des avertissements agricoles compte tenu des pluies.

2 :	G 2 : Golden, plein vent,	9 ans	Avignon	1973
3 :	G 4 : Golden, espalier,	9 ans	Avignon	1973
4 :	G 3 : Golden, espalier,	9 ans	Avignon	1973
5 :	G 1 : Golden, plein vent,	9 ans	Avignon	1973
6 :	Golden, espalier,	9 ans	Caderousse (84)	1973

— Une grande variabilité dans les périodes de début et de fin de captures est notée entre vergers voisins, même s'ils sont soumis à des traitements chimiques identiques (fig. 6 et 7). A cet égard, l'exemple d'Avignon est significatif : dans plusieurs parcelles localisées dans un rayon de 500 mètres, on enregistre des différences dans les dates de début ou de fin de captures dépassant 2 semaines. Cette variabilité affecte aussi l'allure des captures (fig. 4 et 5) ;

— Les courbes de captures présentent une grande similitude par comparaison soit aux courbes de pourcentages cumulés d'apparition des imagos pour les deux vols (fig. 8 et 10), soit aux courbes de pourcentages cumulés de nymphose pour le second vol (fig. 9). On note, cependant, une petite distorsion en début et en fin de vol et un décalage des captures par rapport aux nymphoses et aux sorties.

3. — *Estimation des populations*

Les captures des papillons mâles ont été comparées dans trois parcelles, pour chaque vol, à la population de Carpocapse estimée par les méthodes des bandes-pièges et des cagettes. Nous évaluons ainsi le « rendement » du piégeage (tabl. 3).

Il est nécessaire de tenir compte de la mortalité qui est susceptible d'affecter les larves ou les nymphes dénombrées. Dans les conditions de la vallée du Rhône, cette mortalité serait de 40 à 60 p. 100 sur les larves hivernantes et leurs nymphes, de 20 à 30 p. 100 sur les nymphes qui donnent le second vol (AUDEMARD, données non publiées).

On estime ainsi que 25 à 35 p. 100 des papillons mâles d'un vol sont capturés avec 3 pièges standard O. I. L. B. à l'hectare, pour des densités de populations basses. Le doublement de la densité des pièges dans la parcelle G 2 a augmenté le rendement qui devient supérieur à 75 p. 100.

4. — *Modulation de la lutte chimique* (lutte dirigée)

Les résultats de l'aménagement de la lutte chimique ont été examinés sur deux plans (fig. 11) : nombre de traitements appliqués par rapport au nombre préconisé par la Station d'Avertissements agricoles d'une part, niveau d'attaque d'autre part. Dans tous les cas présentés, les attaques dénombrées à la récolte sont inférieures au seuil de 2 p. 100 de fruits non commercialisables admis en lutte intégrée (AUDEMARD, 1973 *a*). Le nombre de traitements a toujours été inférieur à celui préconisé par les avertissements agricoles pour la même période de protection.

IV. — DISCUSSION

1. — *Comparaison des modèles de pièges*

Les résultats des essais préliminaires qui paraissaient indiquer une supériorité du « Phérotrap 1 C » ont été infirmés. Cependant, aucun modèle ne s'est régulièrement classé en tête dans tous les essais. La même constatation avait été faite par HOWELL (1972) à la suite d'essais analogues avec des pièges appâtés avec 10 femelles vierges chacun.

Nous pouvons remarquer que des captures abondantes pendant un jour ou deux suffisaient pour classer un piège en tête, ce qui semble indiquer une prépondérance de la position du piège dans le verger sur le modèle. Le dispositif expérimental n'est probablement pas suffisamment étoffé pour mettre en évidence les différences discrètes. La comparaison des modèles de pièges par rotation d'emplacement au sein d'une même parcelle, devrait, dans l'avenir, comporter plusieurs répétitions. Cela ne sera possible que dans des parcelles de plusieurs hectares.

Signalons par ailleurs que le Phérotrap 1 C s'est montré très supérieur aux pièges cylindriques pour les captures de la Tordeuse orientale du pêcheur (*Grapholitha molesta* BUSK.) (MILAIRE, 1973) et du Carpocapse des prunes (*Laspeyresia funebrana* TR.) (BLAISINGER, communication personnelle).

Parmi les modèles de pièges que nous avons comparés, un seul, le Phérotrap 1 C, est commercialisé actellement, ce qui résoud le problème du choix sur le plan pratique. Il paraît cependant intéressant, dans les études de base, de se référer toujours au même modèle, c'est-à-dire le piège standard O. I. L. B. (piège cylindrique à déflecteur horizontal).

2. — *Surveillance de l'évolution et de l'activité des adultes*

La mise en évidence de l'influence des températures crépusculaires sur les captures paraît indiquer que le piégeage sexuel est représentatif de l'activité des papillons mâles de Carpocapse. Cela est confirmé par les observations effectuées par BATISTE *et al.* (1973) à l'aide d'un piège horaire appâté avec des femelles vierges ou avec la même phéromone sexuelle de synthèse que nous avons utilisée.

Une concordance entre les dates des sorties des premiers adultes en cage et les premières captures de papillons mâles avait été établie dans plusieurs sites (MILAIRE, 1973). Les observations que nous avons conduites ont montré une grande similitude d'allure entre les sorties de papillons en cage et les captures de papillons au piège sexuel. Le décalage qui apparaît entre les nymphoses de première génération ou les sorties et les captures des deux vols (fig. 8, 9 et 10), s'explique car les captures concernent les seuls papillons mâles alors que, dans les autres observations, il s'agit d'individus des deux sexes. Il est nécessaire d'opérer de la sorte si l'on veut déterminer la valeur du piégeage sexuel comme moyen satisfaisant pour suivre l'évolution des adultes.

Nous soulignerons qu'il est essentiel, pour comparer les sorties et les captures d'adultes, de maintenir les larves et les nymphes dans leur parcelle d'origine et de les y placer dans des conditions proches de celles qui existent dans leurs sites à cocon.

Les conditions climatiques en 1973 ont été très favorables au premier vol dans la région d'Avignon où ont été conduites ces dernières observations. Cela est concrétisé par le nombre de soirs non favorables à la ponte (température crépusculaire inférieure ou égale à + 15°C) qui ont représenté 15 p. 100 environ du nombre de jours de captures. Il est possible que dans d'autres conditions, des distorsions notables apparaissent entre sorties et captures de papillons.

La variabilité qui affecte les périodes de début et de fin de captures (fig. 6 et 7) et l'allure des captures (fig. 4 et 5), souligne la nécessité de conduire les observations à l'échelon de la parcelle, ou d'un groupe de parcelles homogènes, assimilé à une

« unité culturale ». Cette variabilité peut être due à la lutte chimique pratiquée sur la génération précédente qui modifie l'allure normale des captures. Les bas niveaux de population paraissent jouer dans le sens d'une réduction de la durée des périodes de captures. Tel est le cas du verger de Caderousse. Cet exemple met en évidence l'intérêt de multiplier les postes de piégeage à l'intérieur d'une même région définie par les Stations d'Avertissements agricoles. Il montre aussi que les difficultés d'interprétation des captures dans un lieu donné ne doivent pas être minimisées (fig. 6).

3. — *Estimation des populations*

Le « rendement » du piégeage évalué globalement au niveau d'un vol est de l'ordre de 25 à 35 p. 100 des papillons mâles. Cela ne représente que 12,5 à 17,5 p. 100 de la population totale (mâles et femelles). Ces valeurs sont mieux vérifiées pour le second vol, car l'estimation de la population a été faite à partir des nymphes de première génération pour lesquelles les écarts des taux de mortalité sont plus faibles.

L'augmentation du « rendement » dans la parcelle G 2, consécutive à l'accroissement de la densité de pièges, paraît indiquer qu'il y a une relation entre le nombre de pièges par unité de superficie et le nombre de captures. Dans cette parcelle, la lutte chimique étant appliquée contre la première génération, nous ne pouvons pas indiquer s'il y a eu diminution du niveau d'attaque.

L'estimation que nous avons faite ne nous permet pas de savoir si le rendement du piégeage est constant au cours d'un vol.

4. — *Modulation de la lutte chimique*

Le piégeage fournit des données utilisables en lutte dirigée pour décider de l'opportunité des interventions insecticides, surtout en début et en fin de vol.

L'absence de capture, qui traduit une absence d'adulte ou une absence d'activité, est interprétée comme une « prévision négative » qui peut permettre de différer ou de supprimer les mesures de protection (AUDEMARD, 1974 *b*). Bien entendu, la capture de papillons ne signifie pas un risque immédiat de dégâts sur fruits. Ce risque dépend de l'augmentation de la proportion de Carpocapses en activité en relation avec les facteurs climatiques favorables à l'évolution biologique du ravageur : accouplement, ponte, durée d'évolution embryonnaire.

Nous avons considéré que de très faibles captures correspondent à une très faible population ou à une très faible activité susceptibles de provoquer des attaques minimes. C'est la « prévision négative » améliorée pour laquelle on détermine un seuil d'intensification ou de diminution du vol. Ce seuil est utilisé en début et en fin de vol.

Les dates des premiers et derniers traitements ont été ainsi mieux déterminées, et il a été possible de différer ou parfois de supprimer ces interventions. Aucune augmentation dans les pourcentages de fruits attaqués consécutive à cette modulation n'a été constatée lors des contrôles visuels périodiques des fruits.

Il semble donc possible de retenir un tel seuil dénommé « d'intensification-diminution du vol » qui peut être fixé provisoirement et expérimentalement à une capture en moyenne par piège et par semaine dans la vallée du Rhône. Dans les régions sep-

tentrionales, où la fécondité du Carpocapse dans les conditions des vergers est moindre, ce seuil pourrait être porté à 2 ou 3 captures en moyenne par piège et par semaine.

Il serait illusoire de vouloir aller plus loin dans cette voie, car la population d'imagos en activité dans un verger n'est qu'un des éléments du risque que représente le Carpocapse pour la récolte.

Il convient de remarquer que le niveau des captures est souvent anormalement élevé la première semaine en raison de la protandrie. Aussi paraît-il judicieux de ne tenir compte de ce niveau que dans la mesure où il se maintient la deuxième semaine.

V. — CONCLUSIONS

Le piégeage du Carpocapse avec une phéromone sexuelle de synthèse apporte un réel progrès par rapport aux procédés de capture des papillons par piégeage alimentaire ou lumineux.

Ce piégeage paraît être représentatif de l'évolution et de l'activité du Carpocapse, ce qui devrait permettre de supprimer d'autres méthodes d'observations moins faibles : les deux modes de piégeage précités ainsi que la surveillance des sorties en cage, et la méthode des sommations de température.

Il est prématuré de vouloir estimer le niveau de la population du Carpocapse d'une parcelle à l'aide du piégeage sexuel. L'influence des facteurs pouvant faire varier le « rendement » des pièges devra être étudiée par une expérimentation rigoureuse qui permettra aussi de mieux définir les conditions de piégeage.

Par contre, il paraît possible de proposer un seuil exprimant l'intensification ou la diminution du vol. L'adoption d'un tel seuil, différencié selon les régions, doit faciliter et améliorer la prévision du risque que constitue le Carpocapse pour la récolte.

Ce risque dépend de plusieurs groupes de facteurs :

— la densité de population ;
— l'activité et l'évolution de cette population ;
— la charge des arbres en fruits.

Le piégeage sexuel est une des méthodes qui concourent à la prévision de ce risque. Nous ne saurions trop inciter les utilisateurs à en tenir compte. Cependant, l'intensification des captures doit prendre en considération les facteurs climatiques qui conditionnent le développement du Carpocapse. Compte tenu de cette remarque, ce mode de piégeage fournit, d'ores et déjà, des données qui peuvent être utilisées avec profit en lutte dirigée — lutte intégrée — appliquée en vergers de pommiers.

Reçu pour publication en juin 1974.

VI. — REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement nos collègues de l'I. N. R. A., MM. Martouret, Goujet et Marboutie, ainsi que M. Garrido Vivas, stagiaire, qui ont participé à cette expérimentation.

SUMMARY

TRAPPING OF *LASPEYRESIA POMONELLA* L. WITH A SYNTHETIC SEXUAL PHEROMONE. FIRST RESULTS USEFUL FOR THE POPULATIONS ESTIMATE AND THE MANAGEMENT OF CONTROL

In 1972 and 1973, *trans*-8, *trans*-10 *dodecadien-1-ol* (Codlemone (R), Zoëcon Co) has been used for trapping of *Laspeyresia pomonella* in France « vallée du Rhône » and « région parisienne ».

Three purposes were in view :

— Investigation of activity and evolution of Codling moth,
— Estimation of population levels,
— Improvment of control (integrated control)

1. — *Investigation of activity and evolution*

a) The comparative use of several different traps show differences related to the flight. An efficiency hierarchy is difficult to recognize.

b) A standard trapping system includes 3 traps per ha with data collected three times weekly. Evolution of flights, comparison between different orchards and different years are not easily reliable to the histograms of traps catches.

We have used another graph method : percent cumulative catches (transformed in an unit based on normal probability) are plotted against time. If catches process at constant rate, we obtain a straight line, but, in fact graduated steps and irregularities occur. These discrepancies may be explained by two factors related to flight activity :

— crespucular temperature $\leqslant + 15^{\circ}C$.
— chemical treatments on the last generation cycle before flight.

The interval between the flights is often proved by this graph method.

c) Large variability occurs at beginning and ending of periods of catches, in neighbouring orchards, even with identical spraying programs. This emphasizes the necessity to conduct observations in homogenous orchards, or inside a group of homogenous plots.

d) In trials from « vallée du Rhône » catches are often more numerous in edges of orchards. However, this does not imply to implant the traps only on edges.

e) The curves of percent cumulative catches are very similar to the percent cumulative curves of adult emergence (for the two flights), and to the percent cumulative pupation curves (for the 2nd flight). However some distorsion occurs at the beginning and ending of flights.

2. — *Population estimate*

The efficiency of trapping is evaluated for each flight by comparison with « band-traps ». In « vallée du Rhône » with an estimate of 40-60 p. 100 mortality for overwintering larvae and pupae, 20-30 p. 100 for pupae of the second flight, we estimate that 25-35 p. 100 male moths are trapped with three traps per ha. However, this efficiency is not constant during the same flight.

3. — *Adjustment of control*

Trapping gives useful date, in view of determining the opportunity of spraying, especially at the beginning and ending of the flight. A these times we can estimate 1 catch-trap weekly constitutes the critical level in « vallée du Rhône ».

The beginning of the spraying program is decided when temperatures become favorable to sexual activity and embryological development.

It seems useless to seek more accurate data by these methods, since the population of adults is only one factor of prediction of injuriouness. The critical level being, among other things, related to fruit production per tree.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUDEMARD H., 1973 *a*. L'aménagement de la lutte chimique contre le Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en verger de pommiers. Un premier pas dans la lutte intégrée. *Rev. Zool. agric. Path. vég.*, **2**, 33-47.

AUDEMARD H., 1973 *b*. L'estimation des populations de Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en lutte intégrée par le contrôle visuel des pénétrations larvaires. *Phytiatrie-Phytopharmacie*, **2**, 163-176.

AUDEMARD H., 1974 *a*. La lutte intégrée en verger de pommiers. Possibilités d'aménagement de la lutte chimique contre le Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en France. *B. T. I. Ministère de l'Agriculture* **290**, 455-465.

AUDEMARD H., 1974 *b*. Insertion du piégeage avec une phéromone sexuelle de synthèse dans les systèmes de prévision des attaques de Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.). *L'arboriculture Fruitière*, **241**, 41-43.

BATISTE W. C., JOSS J., 1972. Codling moth. a new pheromone trap. *J. econ. Entomol.*, **65**, 1741-1742.

BATISTE W. C., OLSON W. H., BERLOWITZ A., 1973. Codling moth : influence of temperature and daylight intensity on periodicity of daily flight in the field. *J. econ. Entomol.*, **66**, 883-892.

BOVEY P., 1966. Super-famille des *Tortricoidea*. Le Carpocapse ou ver des pommes et des poires. In BALACHOWSKY A. S., *Entomologie appliquée à l'agriculture*. II. Lépidoptères. p. 728-729. Ed. Masson, Paris.

BUTT B. A., HATHAWAY L. D., 1966. Female sex pherormone as attractant for male codlings moths. *J. econ. Entomol.*, **59**, 476-477.

DUFRENOY J., 1957. Résolutions graphiques et problèmes statistiques. *J. Soc. Statistique Paris*, 98, 4-5-6.

GRANGES J., STAHL J., BAGGIOLINI M., MURBACH R., 1969-70. Essais préliminaires sur le piégeage sexuel du Carpocapse. *C. R. 4e Symposium O. I. L. B.* (Organisation internationale de lutte biologique) *sur la lutte intégrée en vergers*, Avignon 9-12 septembre 1969, *O. I. L. B., Zürich*, 75-81.

HOWELL J. F., 1972. An improved sex attractant trap for codling moths. *J. econ. Entomol.*, **65**, 609-611.

MILAIRE H. G., 1973. Emploi des phéromones sexuelles de synthèse pour le piégeage de trois tordeuses nuisibles dans les vergers. *La Défense des Végétaux*, **160**, 84-98.

ROELOFS W. L., COMEAU A., 1970. Lepidopterous sex attractants discovered by field screening tests *J. econ. Entomol.*, **63**, 969-974.

ROELOFS W. L., COMEAU A., HILL A., MILICEVIC G., 1971. Sex attractant of the codling moth : characterization with electro antennogram. *Science*, **174**, 297-299.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1975, 7 (1), 81-89.

NOTE TECHNIQUE

ÉLEVAGE MONOXÉNIQUE DU NÉMATODE *HETERODERA ORYZAE* SUR LE RIZ

G. REVERSAT

Laboratoire de Nématologie,
Centre O. R. S. T. O. M. d'Adiopodoumé,
B. P. 20, Abidjan (Côte d'Ivoire)

RÉSUMÉ

Une méthode de culture axénique de la plante entière de riz en tube à essai est décrite. Par inoculation de ces tubes à l'aide de masses d'œufs stérilisées d'*Heterodera oryzae*, on obtient une pénétration importante de juvéniles dans les racines de la plante. Le développement de ces juvéniles aboutit à la formation d'adultes dans la même proportion que ce qui est observé dans l'élevage d'entretien. Cette méthode permet d'obtenir des kystes et des masses d'œufs dépourvus de contaminants en vue d'études physiologiques.

Une autre méthode est décrite, de culture axénique de racines excisées de riz en tube à essai. La croissance des racines est importante au contact de la paroi du tube et une technique particulière de moulage de la gélose permet de la favoriser. Par inoculation de ces tubes à l'aide de masses d'œufs stérilisées d'*Heterodera oryzae* on obtient une pénétration importante de juvéniles dans les racines, mais peu d'entre eux parviennent au stade adulte. Ce résultat ouvre des perspectives pour l'analyse des exigences nutritionnelles de ce nématode au cours de son développement.

INTRODUCTION

L'élevage d'un nématode phytoparasite est dit monoxénique lorsqu'à la plante hôte n'est associé que le parasite, à l'exclusion de toute autre espèce. L'intérêt présenté par un tel élevage a été discuté par ZUCKERMAN (1971).

L'objet du présent travail était de développer des techniques d'élevage monoxénique d'*Heterodera oryzae* LUC et BERDON 1961 sur le Riz (*Oryza sativa*).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'hôte est d'abord cultivé axéniquement (sans espèce associée), puis inoculé avec des animaux stérilisés. La culture axénique de l'hôte a été réalisée sous deux formes : la plante entière et les racines excisées.

Culture axénique de la plante entière de riz

La méthode utilisée est dérivée de celles de PITCHER *et al.* (1960) et de MACRAE et CASTRO (1967).

Le substrat est composé de sable lavé, de granulométrie inférieure à 250 µm et de solution nutritive minérale adaptée au riz (YOSHIDA *et al.*, 1959) à la concentration 5/1. La solution contient 0,5 g/l de glucose afin de favoriser la révélation des contaminants.

Dans des tubes à essai de 18 × 180 en pyrex sont introduits successivement 10 cm³ de solution, puis 19,5 g de sable.

Les tubes sont bouchés par du coton hydrophile imprégné au cuivre. Ce coton est obtenu en trempant du coton hydrophile pendant 10 heures dans une solution contenant 250 g de sulfate de cuivre et 500 cm³ d'ammoniaque concentrée pour un litre. Puis le coton est rincé abondamment et séché à l'étuve à 30°C.

Les tubes bouchés sont autoclavés pendant 30 minutes à 120°C. Le tube prêt à l'emploi est représenté par le croquis A de la fig. 1.

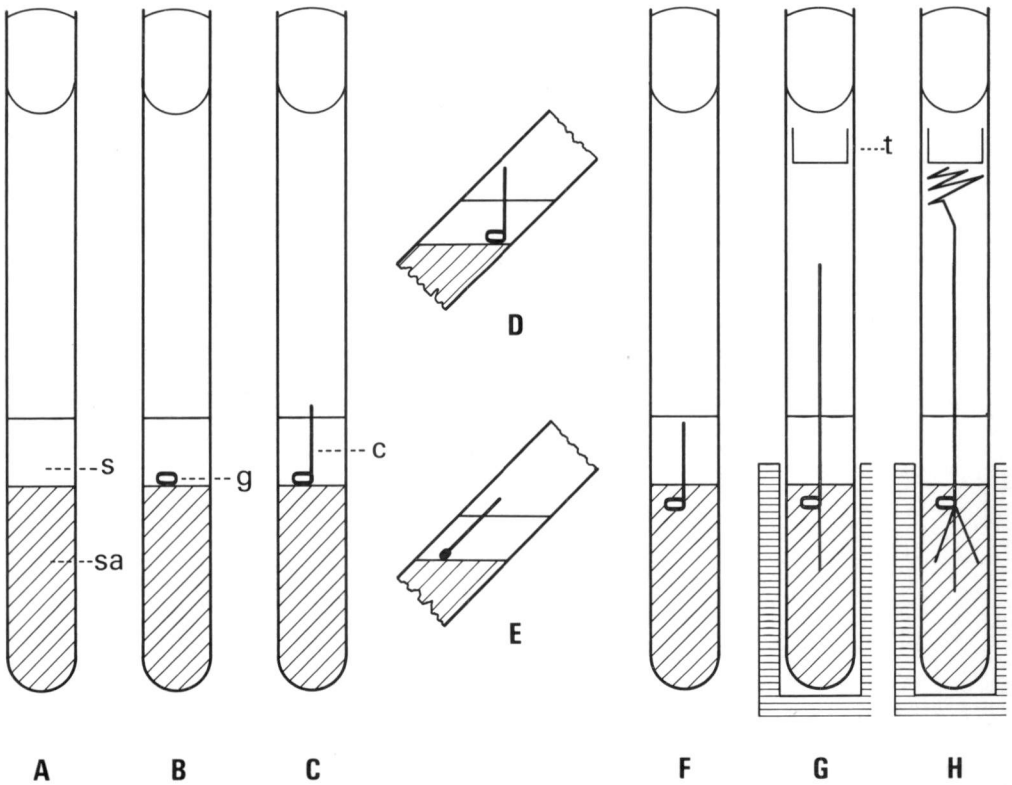


FIG. 1. — *Culture axénique de la plante entière de riz*

Les états A, B, C, D, E, F, G, H sont décrits dans le texte (C : coléoptile ; g : graine ; sa : sable immergé dans la solution nutritive ; s : solution nutritive en exès ; t : tamis

En salle stérile, des graines de riz (variété « Moroberekan ») décortiquées sont stérilisées pendant 30 minutes dans du chlorure mercurique à 0,1 p. 100 additionné de quelques gouttes d'un mouillant (Teepol). Les graines sont ensuite rincées à l'eau stérile, puis une graine est placée dans chaque tube (croquis B de la fig. 1).

Les tubes sont placés verticalement en serre (température moyenne 26°C). Après cinq jours la plantule présente un coléoptile de 10 à 30 mm de long (croquis C de la fig. 1). La graine est alors enfouie dans le sable, sans déboucher le tube : en inclinant le tube, un espace en coin se forme entre le sable et la paroi (croquis D de la fig. 1). Quelques chocs suffisent pour y entraîner la graine (croquis E de la fig. 1). En redressant doucement le tube, la graine est enfouie dans le sable à une profondeur de 5 à 10 mm (croquis F de la fig. 1). Cet enfouissement est nécessaire sinon la racine ne s'enfonce pas dans le sable, ce qui rend le tube impropre à l'inoculation.

Les tubes sont laissés en serre sur des portoirs pleins (croquis G de la fig. 1) qui protègent de la lumière les racines se développant contre leur paroi. Ces portoirs sont recouverts d'une couche de peinture d'aluminium, ce qui a pour effet d'empêcher les condensations le long des parois internes des tubes.

Vers le 10e jour, en salle stérile, est mis en place dans chaque tube un tamis d'arrêt en toile d'acier inoxydable préalablement stérilisé par flambage à l'alcool. Il évite à la partie aérienne de la plantule le contact du coton (croquis G de la fig. 1).

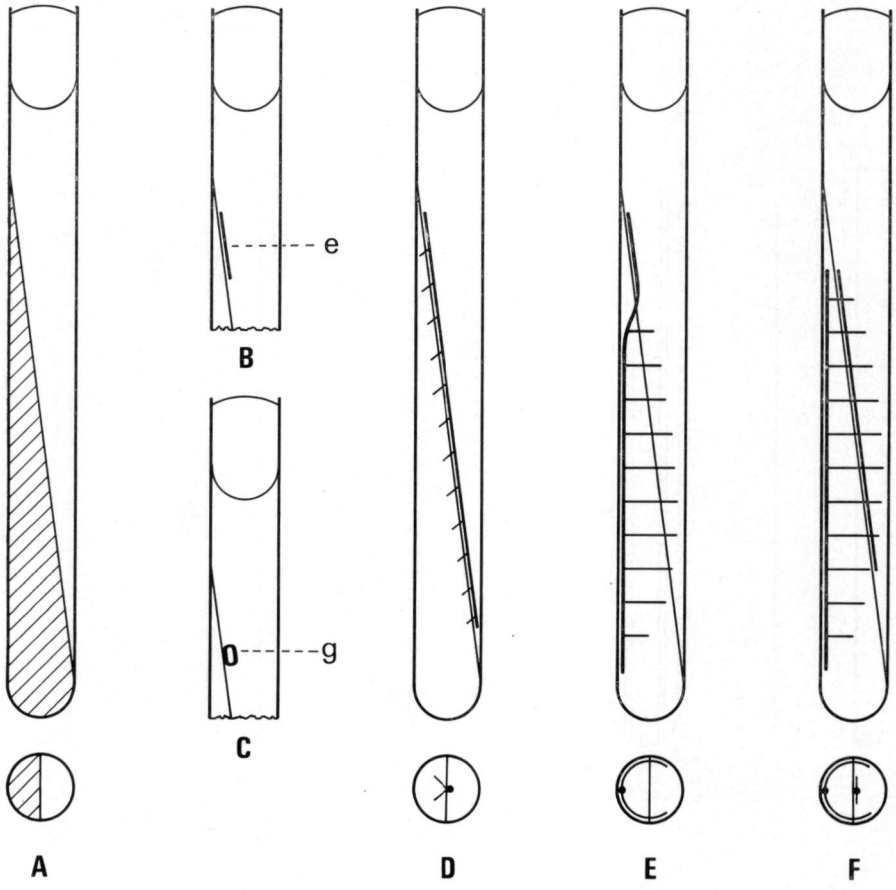


FIG. 2. — *Culture axénique de racines excisées de riz sur gélose inclinée*

Les états A, B, C, D, E, F sont décrits dans le texte. Pour chacun des états A, D, E, F a été représentée une coupe transversale du tube à mi-hauteur de la gélose (e : explant ; g : graine)

Culture axénique de racines excisées de riz

Le *milieu de base* est celui qui a été mis au point par FUJIWARA et OJIMA (1954) pour la culture de racines excisées de riz en milieu liquide. Ce milieu de base additionné d'agar à 1,5 p. 100 est appelé milieu normal. Ce *milieu normal*, additionné de 0,1 p. 100 d'hydrolysat de caséine (Merck 2 238) et de 0,1 p. 100 d'extrait de levure (Difco, 0127-01) est appelé *milieu supplémenté*.

Le milieu est préparé en deux fractions de volumes égaux. L'une contient l'agar dans de l'eau bouillante. L'autre, qui contient tous les autres éléments dans de l'eau à la température ambiante, est ajustée à pH 5 à l'aide d'HCl 0,1 N. Puis les deux fractions sont mélangées. Après l'autoclavage mentionné plus loin, le pH du mélange est de 5,5, valeur optimale selon FUJIWARA et OJIMA (1954).

Le milieu encore liquide est réparti dans deux séries de tubes de 18 × 180 en pyrex. La série I reçoit 10 cm³ de milieu par tube. Chaque tube de la série II contient un moule en deux parties (baguette et tube) et reçoit 15 cm³ de milieu (croquis A et B de la fig. 3). Les tubes des deux séries sont bouchés par un coton cardé puis autoclavés à 110°C pendant 20 minutes.

Les tubes de la série I sont refroidis sur des supports adaptés afin de donner des tubes de gélose inclinée (en hachures sur le croquis A de la fig. 2). Les tubes de la série II sont refroidis verticalement. En salle stérile, à l'aide de pinces, le moule est enlevé, successivement la baguette puis le tube. Il subsiste un manchon de gélose (en hachures sur le croquis C de la fig. 3).

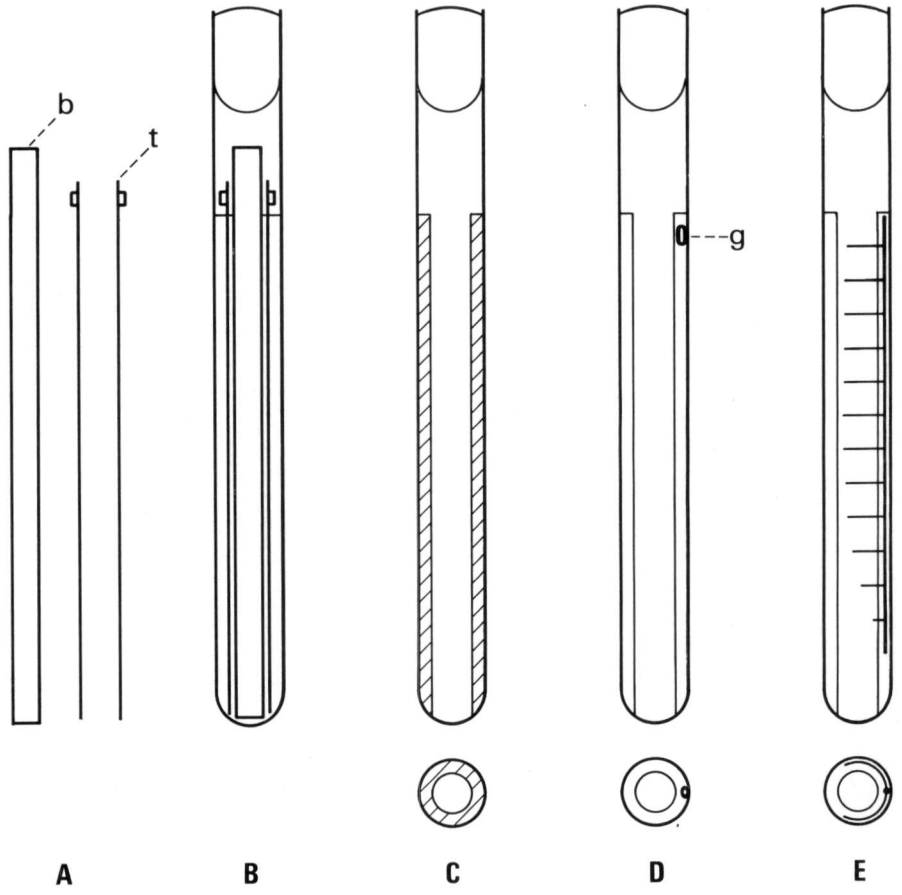


FIG. 3. — *Culture axénique de racines excisées de riz sur gélose en manchon*

Les états A, B, C, D, E sont décrits dans le texte. Pour chacun des états C, D, E a été représentée une vue de dessus du tube, bouchon enlevé (b : baguette ; g : graine ; t : tube)

En salle stérile, des graines de riz, traitées comme dans le cas de la plante entière servent à la mise en place de l'hôte dans les tubes selon deux procédés. Dans le premier procédé, la graine est mise à germer en boîte de Petri sur gélose à 1 p. 100 ,non nutritive, stérile. Après 5-6 jours de germination, la partie distale de la racine (10 mm) est prélevée au scalpel, puis cet explant est déposé dans un tube de gélose inclinée (croquis B de la fig. 2). Dans le second procédé, la graine est déposée soit sur la gélose d'un tube de gélose inclinée (croquis C de la fig. 2) soit insérée entre la gélose et la paroi d'un tube de gélose en manchon (croquis D de la fig. 3). La germination se fait à l'étuve à 28°C à l'obscurité. Huit jours au maximum après le dépôt de la graine, les racines sont sectionnées en dessous du collet à l'aide d'un scalpel spécial puis la partie aérienne et la graine sont éliminées.

Les tubes sont replacés verticalement à l'étuve à 28°C à l'obscurité.

Inoculation

Des masses d'œufs d'*Heterodera oryzae* sont recueillies sur des racines de riz de l'élevage d'entretien cinq semaines après l'inoculation des plantes par des juvéniles du second stade.

Elles sont placées tout d'abord dans une solution contenant 5 p.p.m. de 2-éthoxy-éthyl mercure (abréviation EEM) et 0,3 M de NaCl. Le sel inhibe, durant le temps de stérilisation, les éclosions qui diminueraient l'inoculum. Après huit jours, la solution est remplacée par une solution EEM, sulfate de streptomycine (abréviation SS), NaCl (5 p.p.m., 0,1 p. 100, 0,3 M). Deux jours après ce dernier changement, les masses d'œufs sont rincées de leur sel par un passage de 3 heures dans la solution EEM, SS (5 p.p.m., 0,1 p. 100). Puis les masses d'œufs sont rincées plusieurs fois à l'eau stérile et introduites individuellement dans les tubes contenant l'hôte.

Dans un tube avec plante entière (fig. 1), la masse d'œufs est déposée à la surface du sable lors de la mise en place du tamis. Sur gélose inclinée (fig. 2) la masse d'œufs est déposée à proximité des racines sur la gélose. Sur gélose en manchon (fig. 3), la masse d'œufs est insérée entre verre et gélose contre la racine.

RÉSULTATS

Stérilité

La stérilité est évaluée directement dans les tubes de culture. Pour chacune des trois méthodes (plante entière, gélose inclinée et gélose en manchon) environ 800 tubes, préparés en plusieurs fois, ont été examinés.

Les graines stérilisées donnent de 5 à 20 p. 100 (selon les lots) de contaminations pour la plupart fongiques. Les genres *Helminthosporium* et *Curvularia*, dont certaines espèces sont des parasites du riz, sont fréquemment rencontrés.

Après stérilisation, les masses d'œufs provenant de l'élevage d'entretien réalisé sur terre donnent de 20 à 50 p. 100 des tubes contaminés. Celles qui proviennent de l'élevage d'entretien réalisé sur sable et solution nutritive donnent après stérilisation de 0 à 10 p. 100 de tubes contaminés. D'une masse d'œufs non stérilisée éclosent en moyenne 227 juvéniles (n = 60, extrêmes : 39-455). Après stérilisation la moyenne est de 89 juvéniles (n = 60, extrêmes : 0-319).

A côté de ces contaminations dues aux apports (graines et masses d'œufs) d'autres contaminations, essentiellement fongiques peuvent se produire ultérieurement, surtout pour les tubes contenant une plante entière, gardés en serre. Dix semaines après la mise en place de l'hôte dans les tubes, ces contaminations peuvent atteindre 50 p. 100 ou plus des tubes bouchés avec du coton hydrophile normal ou du coton cardé, alors qu'elles n'atteignent qu'environ 5 p. 100 des tubes bouchés avec du coton hydrophile imprégné au cuivre.

Développement de la plante entière

La partie aérienne de la plantule atteint le tamis vers le 13^{e} jour et commence à s'enrouler sur elle-même à son contact. Vers la huitième semaine (croquis H de la fig. 1), la partie aérienne, longue de 25-30 cm comprend 2-3 feuilles et le système radiculaire, long d'environ 4 cm, comprend

environ de 4 à 6 racines. Ces longueurs correspondent environ au 1/3 de celles qui sont observées dans l'élevage d'entretien, en pots.

A partir de 8-10 semaines et dans un pourcentage de tubes croissant avec le temps apparaît une chlorose tardive. La mort du plant intervient au bout de 12 semaines environ. Les dates d'apparition de la chlorose et de la mort du plant ne sont pas modifiées par des changements de concentration du milieu minéral (de 1/1 à 10/1).

Développement des racines excisées

Sur gélose inclinée, avec milieu normal, un explant donne une racine qui se développe à la surface de la gélose. Les ramifications sont courtes, de faible diamètre, et incluses dans la gélose (croquis D de la fig. 2).

Sur gélose inclinée, avec milieu supplémenté, un explant croît d'abord sur quelques centimètres à la surface de la gélose en ne donnant que des ébauches de ramifications. Ensuite il gagne le contact de la paroi du tube et développe à partir de ce moment de nombreuses ramifications (croquis E de la fig. 2).

Sur gélose inclinée, avec milieu supplémenté, une graine donne après germination plusieurs racines. La plupart d'entre elles se développent au contact de la paroi du tube ; une ou deux se développent à la surface de la gélose. Le développement (diamètre, ramifications) est meilleur au contact de la paroi du tube qu'à la surface de la gélose (croquis F de la fig. 2).

Sur gélose en manchon, avec milieu supplémenté, une graine donne, après germination, plusieurs racines, toutes situées au contact de la paroi du tube. Ces racines présentent une bonne croissance et de nombreuses ramifications (croquis E de la fig. 3, pour simplifier une seule racine est figurée).

En milieu supplémenté est observé une coloration brune des racines qui n'apparaît pas en milieu normal. Elle débute par les parties les plus anciennes vers 4-6 semaines, puis s'étend environ jusqu'au tiers de la longueur des racines. Des modifications diverses du milieu (nature et concentration du sucre, concentration de la supplémentation) n'empêchent pas l'apparition de cette coloration.

Développement du parasite sur plante entière

La pénétration des juvéniles, éclos, à partir de la masse d'œufs, dans la plante est évaluée en colorant les racines par le bleu coton à froid (de GUIRAN, 1966). Cette pénétration peut atteindre 60 juvéniles par plante 15 jours après l'inoculation. Elle est très variable, en relation vraisemblablement avec le nombre variable de juvéniles qui éclosent à partir d'une masse d'œufs.

La plupart des juvéniles pénétrés se développent jusqu'au stade adulte. Cependant on observe que la taille des kystes et le volume de la matière mucilagineuse de la masse d'œufs sont inférieurs à ceux qui sont obtenus dans l'élevage d'entretien. Les œufs obtenus (kystes ou masses d'œufs) donnent des juvéniles viables susceptibles d'infester à nouveau la plante hôte.

Développement du parasite sur racines excisées

Sur gélose inclinée avec milieu normal (croquis D de la fig. 2), aucune pénétration n'est observée. Sur gélose inclinée avec milieu supplémenté et explant (croquis E de la fig. 2), de rares pénétrations sont observées sur la partie de la racine qui se développe au contact de la paroi du tube. Sur gélose inclinée avec milieu supplémenté et germination directe (croquis F de la fig. 2), on observe également de rares pénétrations dans les racines qui se développent au contact de la paroi du tube, mais jamais dans celles situées à la surface de la gélose.

Sur gélose en manchon avec milieu supplémenté (croquis E de la fig. 3), la pénétration obtenue est très importante. Elle atteint 50 juvéniles par tube chaque fois que l'inoculum libéré par la masse d'œufs est assez élevé.

Sur plante entière, la pénétration n'est pas localisée en un point précis des racines. Par contre, sur racines excisées, le contact des juvéniles avec les racines se produit presque exclusivement au niveau de la zone subapicale des racines. Lors des comptages après coloration, la plupart des juvéniles pénétrés sont trouvés dans la partie distale de la racine sur 1 à 2 cm.

Les juvéniles pénétrés dans les racines excisées poursuivent rarement leur développement jusqu'au stade adulte. Dans des tubes de gélose en manchon qui présentaient une pénétration de l'ordre de 50 juvéniles, on obtenait au maximum 8-10 femelles.

DISCUSSION

Élevage monoxénique sur plante entière

L'hôte présente un développement réduit par rapport à celui qui est observé dans l'élevage d'entretien. Ceci peut être dû soit à un épuisement de la solution nutritive minérale, soit à une autointoxication par les exsudats racinaires soit à une insuffisance de la photosynthèse. Cette dernière est tout d'abord réduite à cause de la faible surface foliaire exposée à la lumière à la suite de l'enroulement de la feuille sur elle même. D'autre part, il est possible que la diffusion de gaz carbonique de l'extérieur vers l'intérieur du tube à travers le coton soit insuffisante pour alimenter la plante. Tout en gardant à la technique sa simplicité, il serait sans doute possible d'améliorer la croissance de la plante à l'aide des modifications suivantes : augmentation du volume du tube (25 × 250 au lieu de 18 × 180) déroulement de la partie aérienne et augmentation de l'intensité lumineuse et du taux de gaz carbonique.

La pénétration des juvéniles dans les racines puis leur développement jusqu'au stade adulte sont quantitativement semblables à ceux qui sont observés dans l'élevage d'entretien. Cependant les réductions de la taille des femelles et de la quantité de matière mucilagineuse des masses d'œufs indiquent que la plante ainsi cultivée représente un milieu nutritif quantitativement limité. L'amélioration de la croissance de la plante par les moyens préconisés plus haut devrait permettre d'obtenir des animaux de taille normale.

Élevage monoxénique sur racines excisées

La culture de racines excisées de monocotylédones est connue pour présenter un certain nombre de difficultés (Torrey, 1965). Les développements que nous obtenons, considérés sous les aspects de l'accroissement de longueur des racines et de leur degré de ramification paraissent satisfaisants sur milieu supplémenté. Comme ce développement est meilleur au contact de la paroi du tube qu'à la surface de la gélose, on est conduit à admettre qu'il existe une différence qualitative entre ces deux milieux. Cette différence n'est pas liée à l'oxygénation, en effet d'après Prévot (1939) le premier centimètre de gélose est correctement oxygéné par diffusion et dans nos cultures l'épaisseur de gélose n'atteint pas cette valeur. Le comportement de la racine semble avoir pour origine l'existence d'un gradient : substance minérale diffusant à partir du verre de la paroi du tube ou, comme la surface de la gélose se dessèche, concentration saline décroissante depuis la surface de la gélose jusqu'à la paroi du tube.

Nombre des théories concernant la pénétration des nématodes dans les racines de leur hôte considèrent l'existence d'un caractère attractif de ces racines vis-à-vis du nématode (Wallace, 1963). Les racines qui se développent au contact de la paroi du tube sur gélose en manchon (croquis E de la fig. 3) posséderaient ce caractère puisqu'elles permettent une pénétration importante. Les racines qui se développent également au contact de la paroi du tube sur gélose inclinée (croquis E et F de la fig. 2) paraissent qualitativement semblables aux précédentes mais par contre ne permettent que de rares pénétrations. Il semble que dans ce cas de la gélose inclinée, l'inoculum

soit déficient, soit que l'éclosion des œufs se fasse mal à la surface de la gélose, soit que le passage des juvéniles depuis la surface de la gélose jusqu'au contact de la racine introduise un facteur limitant. En ce qui concerne l'absence de pénétration dans les racines situées à la surface de la gélose (croquis D et F de la fig. 2) plusieurs hypothèses peuvent être émises pour l'expliquer : caractère qualitatif déficient de ces racines en rapport avec leur développement, conditions mécaniques défavorables pour la pénétration ou insuffisance de l'éclosion des masses d'œufs à la surface de la gélose.

La faible proportion des juvéniles qui parviennent au stade adulte indique que les racines sont déficientes. L'analyse ultérieure de ce phénomène peut reposer sur deux alternatives. Ou bien cette déficience n'est qu'une conséquence de la senescence des racines et n'intervient qu'après quelques jours de culture. Dans ce cas, comme la pénétration de l'inoculum est étalée dans le temps (REVERSAT et MERNY, 1973), seuls les juvéniles qui auraient pénétré les premiers parviendraient à achever leur développement. Ou bien cette déficience est permanente. Dans ce cas, le développement de certains d'entre eux pourrait être dû au fait que les exigences vis-à-vis du milieu peuvent différer, dans une certaine mesure, selon les individus. Des cultures généalogiques par l'intermédiaire de masses d'œufs recueillies sur racines excisées permettraient peut être de sélectionner une lignée capable de se développer dans ces conditions. Mais elles pourraient également conduire à une dégénérescence progressive.

CONCLUSION

L'élevage monoxénique du nématode sur la plante entière de riz donne des résultats satisfaisants. Il permet d'envisager d'une part l'étude des relations hôte parasite en l'absence de contaminants et d'autre part l'obtention de kystes et de masses d'œufs dépourvus de contaminants en vue d'études physiologiques.

L'élevage monoxénique sur racines excisées de riz ne permet pas un développement normal du parasite. Mais ce résultat ouvre des perspectives sur l'analyse des exigences nutritionnelles du nématode au cours de son développement.

Reçu pour publication en juillet 1974.

SUMMARY

MONOXENIC CULTURE OF *HETERODERA ORYZAE* ON RICE

A method for axenic culture of the whole rice plant in test tube is described. By inoculating these tubes with sterilized egg masses of *Heterodera oryzae*, a high level of penetration of juveniles in roots is observed. Nearly all these juveniles develop to adult stage, as it is observed in the routine maintenance culture of the nematode. This method allows to obtain germfree cysts and egg masses for physiological purposes.

Another method is described for axenic culture of excised rice roots in test tube. Root growth is the most efficient in contact with the tube wall. A pecular moulding of the agar medium promote such a root growth. By inoculating these tube with sterilized egg masses of *Heterodera oryzae*, a high level of penetration of juveniles in the roots is observed, but a few number of them develops to adult stage. The possibility of developping this result for nutritional requirement study is discussed.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

FUJIWARA A., OJIMA K., 1954. Physiological studies of plant roots. I. Influence of some environmental conditions on the growth of isolated roots of rice plant and wheat. *Tohoku J. Agric. Research*, **5**, 53-61.

GUIRAN G. de, 1966. Coloration des nématodes dans les tissus végétaux par le bleu coton à froid. *Nematologica*, **12**, 646.

LUC M., BERDON-BRIZUELA R., 1961. *Heterodera oryzae*, n. sp. (Nematoda : Tylenchoidea) parasite du riz en Côte d'Ivoire. *Nematologica*, **6**, 272-279.

MAC RAE I. C., CASTRO T. F., 1967. Root exsudate of the rice plant in relation to akagare, a physiological disorder of rice plant. *Plant soil*, **26**, 317-323.

PITCHER R. S., PATRICK Z. A., MOUNTAIN W. B., 1960. Studies on the host parasite relation of *Pratylenchus penetrans* COBB. to seedlings : I. Pathogenicity under sterile conditions. *Nematologica*, **5**, 309-314.

PRÉVOT A. R., 1939. Le potentiel d'oxydo-réduction chez les bactéries. *Bull. Soc. Philom.*, **208**, 394-415.

REVERSAT G., 1971. *Contribution à l'étude de la biologie d'un nématode phytoparasite : Heterodera oryzae.* Thèse de Docteur Ingénieur. Université Claude-Bernard de Lyon, 1 vol., 52 p.

REVERSAT G., MERNY G., 1973. Influence de quelques facteurs sur la pénétration du nématode *Heterodera oryzae* dans les racines du riz. *Cah. O. R. S. T. O. M., ser. Biol.*, **21**, 111-115.

TORREY J. G., 1965. Physiological bases of organization and development in the root. In : *Encyclopedia of plant physiology*, 15/1, Springer Verlag, Berlin, 1256-1327.

WALLACE H. R., 1963. *The biology of plant parasitic nematodes.* Edward Arnold L. T. D., London, 1 vol., 280 p.

YOSHIDA S., OHNISHI Y., KITAGISHI K., 1959. Role of silicone in rice nutrition. *Soil and Plant food*, **5**, 127-133.

ZUCKERMAN B. M., 1971. Gnotobiology. In : *Plant parasitic nematodes.* Edit. B. M. ZUCKERMAN, W. F. MAI and R. A. ROHDE, Academic Press., **2**, 159-184.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1975, 7 (1), 91-118.

MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE

LES ANALOGUES DE L'HORMONE JUVÉNILE. OU RÉGULATEURS DE CROISSANCE CHEZ L'INSECTE. POSSIBILITÉS D'APPLICATION DANS LA LUTTE CONTRE LES ESPÈCES NUISIBLES

J. STOCKEL

Laboratoire de Recherches sur les Insectes des Denrées,
Centre de Recherches de Bordeaux, I. N. R. A.,
33140 Pont de la Maye

RÉSUMÉ

C'est l'Entomologiste WILLIAMS qui dès 1956 eut le premier l'idée d'utiliser des hormones de synthèse pour perturber la mue des insectes afin de les détruire. L'évolution rapide des recherches sur les analogues de l'Hormone Juvénile, dans le monde entier, nous a conduit à réaliser une revue bibliographique sur les possibilités d'utilisation pratique de cette nouvelle méthode de lutte théoriquement non polluante.

Après avoir énoncé les principes généraux de la lutte reposant sur la connaissance du mode d'action de l'Hormone de mue et de l'Hormone Juvénile, l'auteur rappelle en premier lieu les principales conséquences physiologiques entraînées chez l'Insecte par l'application des AHJ (Analogues de l'Hormone Juvénile). Il énumère ensuite brièvement et de manière chronologique les étapes les plus importantes dans l'évolution des recherches depuis 1956 jusqu'à nos jours, ce qui lui permet de dresser une liste non exhaustive des différents arthropodes ayant donné lieu au laboratoire ou sur le terrain à des études sur les effets des AHJ.

Dans une troisième partie est donnée une analyse des principales applications agronomiques de ces substances et en particulier dans la lutte contre les phytophages des grandes cultures, les insectes des denrées entreposées, les moustiques, les parasites de l'homme et des vertébrés supérieurs.

Les avantages et les inconvénients de ces nouvelles méthodes de lutte sont discutés dans les conclusions.

I. — INTRODUCTION

Il est maintenant bien connu que le développement des insectes : mues, métamorphose et maturation sexuelle est sous la dépendance d'un contrôle neuroendocrine permanent et complexe ayant pour siège le cerveau ou son voisinage immédiat (ENGELMANN, 1967 ; JOLY, 1968, 1971 1972).

Les deux principales hormones intervenant au cours du développement larvaire de l'Insecte sont l'Hormone de mue ou ecdysone et l'Hormone Juvénile. L'Ecdysone est élaborée par les glandes prothoraciques excitées par les sécrétions des cellules neurosécrétrices de la *pars intercerebralis* du cerveau. L'Hormone Juvénile qui est sécrétée par les *corpora allata* apparaît à nouveau chez l'adulte et favorise sa maturation sexuelle, on la désigne alors sous le nom d'hormone gonadotrope.

C'est l'Entomologiste WILLIAMS qui dès 1956 eut le premier l'idée d'utiliser des hormones de synthèse pour perturber la mue des insectes afin de les détruire. Ces substances, analogues de l'Hormone Juvénile, appelées aussi régulateurs de croissance entrent dans le cadre de ce qu'il est convenu d'appeler avec WILLIAMS (1967) la « Troisième génération de pesticides ». Passionnant de nombreux chercheurs, ces problèmes ont déjà donné lieu à des colloques internationaux : Bâle (1970), Prague (1970) ainsi qu'à plusieurs mises au point : JOLY (1968), SLÁMA (1971), NOVAK (1971), ENGELMANN (1971).

A l'heure actuelle, les recherches dans ce domaine prennent une extension rapide dans le monde entier, c'est ce qui nous a amenés à faire cette mise au point bibliographique sur les possibilités d'utilisation pratique de cette nouvelle méthode de lutte.

II. — PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA LUTTE

L'endocrinologie de l'insecte est un secteur de recherche relativement jeune puisque les premières publications parues sur le sujet sont dûes au biologiste polonais KOPEC (1917-1922) sur *Lymantria dispar* L. Depuis de nombreux chercheurs se sont lancés dans cette voie ; ne citons pour mémoire que les travaux de WIGGLESWORTH (1934) sur *Rhodnius prolixus* STAL., BOUNHIOL (1936, 1938) sur *Bombyx mori* L., WILLIAMS (1946) sur *Hyalophora cecropia* L., POSSOMPES (1953) sur *Calliphora erythrocephala* MEIG. et de nombreux autres qui font qu'en 1971, NOVAK pouvait affirmer qu'il existait déjà plus de 5 000 publications scientifiques sur cette importante question.

Nous rappellerons brièvement dans un premier temps, les principales conclusions auxquelles ont abouti ces travaux concernant le mode d'action des hormones. C'est en effet sur le mode d'action des hormones que reposent les principes généraux de la lutte que nous nous efforcerons d'énoncer dans un second temps.

1. — *Mode d'action de l'Hormone de mue*

Depuis la célèbre démonstration par WIGGLESWORTH (1934) d'un contrôle endocrine de la mue chez l'Hémiptère *R. prolixus* grâce à ses expériences de parabiose, de nombreux auteurs se sont penchés sur ce problème dont JOLY (1968, 1972) a résumé ainsi le mécanisme :

Lorsque les conditions nécessaires sont réalisées, la mue est décidée par le cerveau qui centralise d'une part des renseignements d'origine interne : état de la nutrition, réplétion intestinale, pression du milieu intérieur, et d'autre part des renseignements d'origine externe tels que intensité de l'éclairement, température, état hygrométrique, présence des congénères, etc. Lorsque les conditions de croissance et les conditions écologiques nécessaires sont à leur optimum, les cellules neurosécrétrices de la *pars intercerebralis* élaborent et émettent le long de leurs axones une substance connue sous le nom de « Brain Hormone » qui arrive ainsi dans un organe neurohémal situé en arrière du cerveau : le *corpus cardiacum*. De là elle diffuse dans le sang qui la véhicule au contact de toutes les cellules de l'organisme. L'action de la « BH » se traduit par le déclenchement de l'activité de la glande prothoracique. Cette dernière à son tour sécrète l'Hormone de mue qui est directement déversée dans le sang de l'animal d'où elle atteint tous les organes et provoque la mue.

Cependant, il semble bien que la BH agisse aussi directement sur les organes pour les sensi-

biliser à l'action de l'Hormone de mue, car une dose d'Hormone de mue trop faible pour agir seule devient efficace si on lui associe une certaine quantité de BH.

La nature chimique de l'Hormone de mue ou Ecdysone est actuellement connue : c'est un stéroïde qui peut être soit à cinq oxhydryles : l'α-ecdysone, soit à six oxhydryles : la β-ecdysone (fig. 1 A).

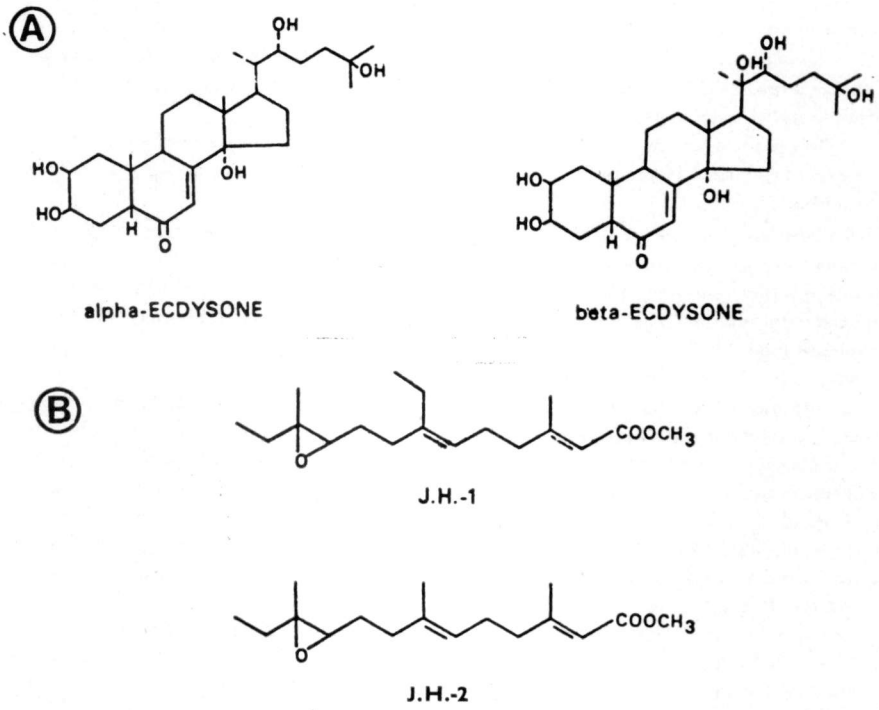


FIG. 1. — *Structure des hormones d'Insectes*
A : les Hormones de mue : alpha et bêta-Ecdysones
B : les Hormones Juvéniles : HJ_1 et HJ_2

2. — *Mode d'action de l'Hormone Juvénile* (HJ)

L'étude de l'Hormone Juvénile repose sur l'emploi de tests appropriés décrits par JOLY (1968) et repris par STAAL (1972). Ces tests consistent à administrer le produit juvénilisant à l'insecte selon une technique précise : application topique, badigeonnage externe de la cuticule abrasée ou non, application de pansement imprégné sur une plaie, injection directement dans la cavité hémolymphatique, absorption par voie digestive en incorporant la substance au milieu alimentaire de la larve, traitement du substrat, application systémique par traitement de la plante-hôte, essai de l'effet de vapeur ou enfin pulvérisation du produit.

Deux techniques sont particulièrement employées par un grand nombre d'auteurs : le « Tenebrio-test » et le « Wax-test ».

a) *Tenebrio-test :* cette méthode consiste à déposer quelques gouttes de la substance à tester sur la cuticule d'une jeune nymphe de *T. molitor* L. (12 h-24 h). Au niveau des gouttes, le tégument est ensuite percé au moyen d'une fine aiguille. Si le produit est juvénilisant, l'adulte qui émerge environ 6 jours plus tard, présente au niveau de chaque piqûre une petite tache blanche de cuticule nymphale au milieu de sa cuticule imaginale noire.

b) *Wax-test* : utilisé sur divers holométaboles, ce test consiste à pratiquer une légère incision dans le tégument de la nymphe et à l'obstruer ensuite au moyen de paraffine dans laquelle on a incorporé la substance huileuse à tester (ainsi qu'un antibiotique). Après la métamorphose, si le type de cuticule formé au niveau du régénérat est de type nymphal on conclut à une action juvénilisante de la substance incorporée à la paraffine.

Les méthodes statistiques d'évaluation des résultats doivent être adaptées à chaque espèce d'insecte et même à chaque stade étudié. Selon STAAL (1972), deux types d'évaluation peuvent être distingués :

— le « Graded scoring », lorsque les différents types d'intermédiaires peuvent être reconnus : on affecte alors des notes croissantes aux animaux obtenus en partant de la note o pour une efficacité nulle du produit testé.

— le « quantal scoring » lorsque les résultats peuvent être évalués de manière nette soit positif ou négatif. Ces pourcentages de réponses peuvent alors être facilement calculés et représentés par une courbe.

L'Hormone Juvénile sécrétée par le *corpus allatum* est essentielle pour la croissance et le développement des jeunes stades larvaires. Son émission est interrompue par des mécanismes physiologiques internes intervenant au cours du dernier stade larvaire, ce qui a pour conséquence le remplacement du type de croissance et développement larvaire par la différenciation en structures nymphales (chez les Endopterygotes) ou adultes (chez les Exopterygotes), processus plus généralement connu sous le nom de métamorphose.

La suppression de la source d'Hormone Juvénile d'une jeune larve conduit à une métamorphose précoce caractérisée par l'apparence de nymphe ou d'adulte miniature.

En revanche, un apport extérieur de cette hormone au dernier stade larvaire ou à la nymphe avant une certaine période critique entraîne une inhibition partielle ou totale de la métamorphose qui se manifeste par une rétention partielle ou totale des vieilles structures épidermiques au cours du stade suivant. Les individus anormaux ainsi formés se reconnaissent comme des intermédiaires Larve-Nymphe, Larve-Adulte ou Nymphe-Adulte (appelés aussi adultoïdes), Larves surnuméraires, Extra-Larves, Nymphes surnuméraires, etc.

Lorsque les conditions nécessaires à la reproduction sont réalisées (nutrition, copulation, etc.) les cellules de la *pars intercerebralis* émettent à nouveau leur neurohormone qui transite par les *corpora cardiaca* avant de stimuler les *corpora allata*. Ces derniers à leur tour se remettent à sécréter de l'Hormone Juvénile laquelle à son tour stimule le développement ovarien chez la femelle vierge et régule les fonctions des glandes sexuelles accessoires dans les deux sexes (NOVAK, 1966). A ce sujet, PAN et WYATT (1971) ont démontré que la privation de sécrétion d'Hormone Juvénile (par ligature du cou par exemple) chez la femelle adulte de *Danaus plexippus* L. empêche la vitellogenèse et la maturation des ovocytes. Ces propriétés ont fait donner à l'Hormone Juvénile le nom d'hormone gonadotrope.

Il est assez surprenant, comme le souligne JOLY (1972) de voir ainsi la même hormone assurer successivement deux fonctions complètement différentes : maintien des caractères larvaires pendant le développement pré-imaginal et croissance ovarienne ou régulation sexuelle au sens large chez l'adulte. Ceci semble dû au fait que l'ovaire, avant la métamorphose est insensible à l'action gonadotrope de l'HJ qui, ainsi ne déclenche pas une activité génitale prématurée. En revanche, lorsque l'ovaire ou les oviductes sont remplis d'ovocytes mûrs, la distension des voies génitales et peut être aussi une substance diffusant des gros ovocytes (JOLY, 1968) agissent sur les ganglions de la chaîne nerveuse ventrale, qui émettent des influx bloquant l'activité de certaines cellules de la *pars intercerebralis* et par là celle des corps allates, ce qui inhibe toute croissance ovarienne.

Lorsque les conditions nécessaires à la ponte (maturité ovarienne, copulation, conditions écologiques) sont réunies, le cerveau élabore et émet une nouvelle neurohormone qui induit tous les réflexes et comportements de ponte jusqu'au dépôt effectif des œufs.

Chez les mâles, le mécanisme est plus simple : les testicules mûrissent pendant la vie larvaire ou nymphale, et l'adulte émerge avec des spermatozoïdes mûrs. Par contre, l'activité sécrétrice

des vésicules séminales et des glandes accessoires ainsi que le comportement sexuel n'apparaissent que sous l'action gonadotrope du *Corpus allatum* ; toutefois, celle-ci s'instaure assez rapidement après l'émergence et reste relativement constante pendant toute sa vie.

Deux hormones juvéniles naturelles ont été extraites à partir de *H. cecropia*. La première, JH_1 fut identifiée et synthétisée par l'équipe de RÖLLER (1967), la seconde JH_2 par celle de MEYER (1968) (fig. 1 B).

3. — *Principe de lutte*

Ce dernier découle des données décrites précédemment. La présence d'une trop grande quantité d'Hormone Juvénile à différents stades de la vie de l'insecte est toxique. Ainsi, si l'on administre des doses relativement importantes d'Hormone Juvénile à une population d'insectes, ce animaux deviennent incapables d'effectuer correctement leur métamorphose et meurent sans s'être reproduits, ce qui est le but recherché. Il semblait par ailleurs évident (mais ce point sers discuté ultérieurement) qu'aucun insecte ne puisse acquérir de « résistance » à une telle substance ; sinon, il ne pourrait ni se développer, ni devenir fécond. Mais il ne pouvait être question d'utiliser telle quelle l'Hormone Juvénile contre une espèce nuisible particulière, car elle aurait agi indistinctement sur tous les insectes aussi bien nuisibles qu'utiles.

C'est en 1965 que devait apparaître une solution après la découverte maintenant célèbre du « paper factor » de l'entomologiste tchèque SLÁMA. Cet auteur arrivant aux U. S. A. avec un élevage de *Pyrrhocoris apterus* L. constata que le papier des journaux américains utilisé dans ses bocaux d'élevage présentait les propriétés de l'Hormone Juvénile sur les larves de ses punaises. Il eut donc l'idée d'incriminer un « paper factor » provenant des sapins baumiers avec lesquels était faite la pâte à papier. De plus, et ce fût là l'intérêt majeur de sa découverte, il constata que si ce « paper factor » était actif contre *P. apterus*, il s'avérait totalement inefficace contre tous les autres insectes testés.

Ainsi naquit l'idée de l'utilisation de substances naturelles ou synthétiques imitant l'action de l'Hormone Juvénile mais présentant sur elle l'avantage d'une nécessaire et rigoureuse spécificité.

III. — CONSÉQUENCES PHYSIOLOGIQUES DE L'APPLICATION DES AHJ (1)

Avant de décrire les principaux effets engendrés par l'action des dérivés de l'Hormone Juvénile sur l'insecte, il paraît utile de rappeler quels sont chez ce dernier les stades de développement sensibles à ces substances.

1. — *Stades de développement sensibles et périodes critiques*

Au cours du développement de l'insecte, il y a généralement deux périodes sensibles à l'action des AHJ : ce sont le développement embryonnaire d'une part et la métamorphose d'autre part (RIDDIFORD, 1970, 1972). Ces périodes sont caractérisées par une absence d'émission d'Hormone Juvénile par les corps allates et par une différenciation intense des tissus.

De plus, chez certaines espèces, le processus de reproduction peut être perturbé chez l'adulte par l'action de ces substances. En revanche, les jeunes stades larvaires, étant donné leur concentration élevée en Hormone Juvénile naturelle, apparaissent être généralement insensibles. Si le traitement de ces stades ne produit aucun changement morphologique ou physiologique apparent, l'influence juvénile peut toutefois apparaître au cours de la métamorphose.

Dans la grande majorité des insectes exopterygotes, comme le soulignent SLÁMA et WILLIAMS

(1) AHJ : Analogue de l'Hormone Juvénile.

(1966), la période critique est réduite aux deux ou trois premiers jours (sur 7 à 10 ordinairement) de l'intermue du dernier stade larvaire. Chez les insectes endoptérygotes par ailleurs, cette période critique apparaît une nouvelle fois, très tôt après la mue nymphale ou au début du stade de post-diapause chez l'adulte (Bowers et Thompson, 1963 ; Bowers, 1968, 1969 ; Jarolim *et al.*, 1969 ; Sláma *et al.*, 1970).

Chez les insectes endoptérygotes, la mue nymphale est généralement très difficile à affecter par les AHJ en raison de mécanismes spécifiques physiologiques et d'interactions avec l'ecdysone. Les effets courants des AHJ ne sont pas alors l'obtention des intermédiaires Larve-Nymphe auxquels on peut s'attendre, mais très souvent seulement une prolongation de la période d'alimentation larvaire et un retard de la nymphose. Les périodes critiques sont ici localisées dans la première moitié du dernier stade larvaire ou également dans la seconde moitié chez certains insectes comme *Galleria* (Jarolim *et al.*, 1969).

L'application de quantités excessives d'AHJ à des intervalles de temps successifs pendant la période critique induit la formation d'intermédiaires parfaitement déterminés comme l'ont montré Wigglesworth, 1961, 1963 ; Williams et Sláma, 1966).

La morphologie de ces intermédiaires suggère que les cellules de chacun de leurs tissus passent par la période critique à des moments qui leur sont propres. Les cellules affectées à la forme spécifique des structures adultes telles que les appendices thoraciques, les composants des yeux, les organes de la bouche et les *genitalia* passent par cette période critique plus tôt que les cellules épidermiques de l'abdomen (Slama, 1971). En ce qui concerne l'action des AHJ sur l'embryogenèse, la période critique apparaît aussi très tôt après le dépôt des œufs (Masner *et al.*, 1970).

2. — *Les effets morphogénétiques*

Tout récemment, Willis (1974) affirme que l'action morphogénétique des hormones d'insectes ne peut se comprendre qu'en se plaçant à l'échelle du noyau cellulaire : le mode d'action de l'HJ par exemple semble être lié à la synthèse moléculaire de l'ADN. Il a en effet été suggéré que l'HJ pouvait bloquer la Cytokinèse (Senhal et Novak, 1969) ou la synthèse de l'ADN (Novak, 1966 ; Socha et Senhal, 1972) ou intervenir enfin dans le transfert de l'ARN messager (Llan et Llan, 1972). Une autre hypothèse selon White et Grégory (1972) serait que l'HJ pourrait agir sur l'organisation microtubulaire de la cellule et par là inhiber la mitose au cours du dernier stade larvaire chez certains aphides.

Dans la majorité des cas, les effets morphogénétiques sont surtout caractérisés par des modifications souvent spectaculaires, de l'aspect extérieur (forme et couleur) de l'insecte. Němec (1971) chez deux espèces de criquets : *Locusta migratoria migratorioides* (R. et L.) et *Schistocerca gregaria* (forsk) les différencie ainsi :

a) Effets exercés sur la morphogenèse : enroulement des ailes en cornet, organes génitaux de type larvaire, présence de résidus de ptérothèque sur les ailes, etc. ;

b) Effets sur l'induction de la coloration solitaire : après application d'AHJ, les *Locusta grégaricoles*, de couleur brunâtre virent progressivement au jaune vert, couleur caractéristique des *Locusta* en phase solitaire.

Les effets les plus classiques obtenus après traitements de larves ou nymphes au moyen d'AHJ sont la formation d'intermédiaires ou adultoïdes. Metwally et Sehnal (1973) ont ainsi comparé ce type d'effet produit par 37 analogues sur des nymphes de *Trogoderma granarium* everts. et *Caryedon gonagra*. Ils constatent d'une manière générale que toutes les formes intermédiaires entre la nymphe normale et l'adulte normal peuvent être obtenues (1).

(1) On peut rapprocher de ces effets morphogénétiques, les modifications dans les rapports numériques des castes chez les Insectes sociaux : Hrdy et Krecek (1972) signalent ainsi l'apparition de soldats en plus grand nombre sous l'influence de certains AHJ chez *Reticulitermes lucifugus* rossi. La brusque variation de la concentration en HJ pendant la période entre les mues larvaire et nymphale en serait responsable (Luscher, 1972).

Mais si les effets morphogénétiques peuvent considérablement varier selon l'AHJ utilisé, ils diffèrent aussi en fonction de l'espèce traitée : CHANG (1972) par exemple observe la formation de cocons géants par les chenilles de *B. mori* traitées de manière topique au moyen d'un dérivé du méthylène-dioxyphényl, et DEFOSSEZ et SCHALLER (1973) constatent que l'injection de l'ester méthylique du farnésol inhibe seulement la métamorphose de l'appareil copulateur mâle des larves d'*Aeschna cyanea*, MÜLL. comme l'ablation des glandes de mues chez cet Insecte (DEFOSSEZ et SCHALLER, 1972).

3. — *Les effets sur la reproduction et la diapause imaginale*

Ainsi que le rappelle SLÁMA (1971) chez de nombreux insectes, les œufs sont formés aux dépens des réserves accumulées pendant la vie larvaire. La croissance ovarienne constitue alors un élément du processus de métamorphose et la formation de l'œuf n'est donc pas contrôlée par l'Hormone Juvénile. Cependant, chez d'autres espèces et en particulier chez les Exoptérygotes, les femelles adultes ne contiennent pas assez de réserves pour une reproduction complète : la croissance ovarienne s'effectue alors en synchronisation avec une disponibilité trophique et des conditions écologiques appropriées. Les agents humoraux impliqués dans une telle synchronisation sont l'hormone du cerveau, la « BH » pour la nutrition et la digestion et l'Hormone Juvénile « HJ » pour la croissance ovarienne et le fonctionnement des glandes sexuelles accessoires ; un manque de telles hormones chez ces insectes induit la diapause adulte.

On sait depuis longtemps que les extraits de *Cecropia* (LARSEN et BODENSTEIN, 1959 ; MEYER *et al.*, 1970) ainsi que les dérivés du farnésol, (WIGGLESWORTH, 1961 ; BOWERS et THOMPSON, 1963 ; BENZ, 1970) peuvent imiter les effets gonadotropiques de l'Hormone Juvénile. Des études plus récentes démontrent l'activité gonadotropique de certains analogues de l'Hormone Juvénile sur les ovaires de différentes espèces (BROOKES, 1969 ; WELLINGTON et MAEZZER, 1967 ; BELL, 1969).

Parallèlement, certains auteurs enregistrent à la suite d'applications topiques ou d'aérosols, une diminution de fécondité chez les femelles traitées, sans préciser si la substance juvénilisante arrête la formation des œufs ou diminue seulement le comportement d'émission de la femelle ; citons par exemple les travaux de BENSKIN et PERRON (1973) sur *Macrosiphum euphorbiae* THOMAS. ou de BRANSBY-WILLIAMS (1971, 1972) sur *Dysdercus cardinalis* GERST. et *Ephestia cautella* WALKER.

Selon SLÁMA (1971) tous les analogues actifs sur les larves de *P. apterus* le sont aussi sur les femelles de cette espèce au cours des essais gonadotropiques et il existe une relation plus ou moins constante entre la valeur de leur DL_{50} pour la métamorphose et pour la diapause. De plus, les valeurs de la DL_{50} pour la diapause et pour l'effet ovicide sont presque identiques pour un même analogue, ce qui signifie que la stimulation du développement ovarien chez les femelles allatectomisées et femelles diapausantes ainsi que l'induction de perturbations embryonnaires chez les femelles normales nécessitent pratiquement la même quantité de produit juvénilisant.

En outre, constate SLÁMA, tous les œufs produits par les femelles allatectomisées traitées avec une même quantité de chaque analogue présentent des effets létaux, tandis que le traitement des femelles diapausantes avec des doses voisines de la DL_{50} pour la diapause entraîne un effet ovicide parmi les premières pontes. Il y a ensuite disparition progressive de cette influence ovidice, puis retour à la normale au fur et à mesure des émissions suivantes. SLÁMA émet l'hypothèse que la stimulation des fonctions reproductrices par les analogues de l'Hormone Juvénile dans des femelles précédemment en diapause aurait pour conséquence une réactivation du *corpus allatum*.

Il faut signaler enfin, rapportée par BOWERS et BLICKENSTAFF (1966) une application intéressante des AHJ pouvant servir à modifier le cycle biologique d'une espèce. Ces auteurs remarquent en effet que des applications topiques de l'ester méthylique de l'acide époxyfarnésique sur les adultes diapausants de *Hypera postica* GYLH lèvent très rapidement la diapause estivale de cet insecte. Plus récemment, NILLES *et al.* (1973) effectuent des observations similaires sur *Oulema melanopus* L.

4. — *Effets ovicides et stérilité femelle*

On sait que l'hormone juvénile (RIDDIFORD, 1972) bloque le développement embryonnaire lorsqu'elle est appliquée soit à la femelle de l'Insecte soit à l'œuf fraîchement déposé.

Il y a lieu de distinguer ces effets ovicides selon que l'application de l'AHJ a lieu sur l'œuf ou sur la femelle.

Dans le premier cas, RETNAKARAN (1973) observe que l'application topique d'un analogue synthétisé de l'HJ sur l'œuf de *Pissodes strobi* PECK empêche le développement de l'embryon qui meurt rapidement. Parallèlement, dans le second cas, GUERRA *et al.* (1973) observent que les applications topiques de divers composés juvénilisants sur des femelles d'*Heliothis virescens* F. peuvent entraîner un abaissement significatif de leur fécondité et une réduction du pourcentage des éclosions.

SLÁMA et WILLIAMS (1966) constatent que chez *P. apterus*, le blocage de la différenciation embryonnaire est plus uniforme lorsque les substances juvénilisantes agissent à travers le corps de la femelle mais ne voient pas de différence entre le traitement de la femelle et celui des œufs fraîchement déposés. En outre, les échecs dans le développement embryonnaire, ce qui représente un cas spécial de stérilité femelle, peuvent être introduits également par des contacts sexuels des femelles avec des mâles traités par les produits juvénilisants comme l'a montré l'équipe de MASNER (1968, 1970) sur *P. apterus*. Ces auteurs ont, dans ce cas, mis en évidence que l'effet ovicide des analogues de l'Hormone Juvénile était dû au transfert actif et à la persistance importante de ces produits dans le corps de l'insecte.

A l'heure actuelle de nombreux travaux montrent que le blocage du développement embryonnaire de l'insecte par ces substances peut être obtenu chez les Orthoptères (NOVAK, 1969, NÉMEC, 1970, 1971), les Hémiptères (SLÁMA, WILLIAMS, 1966), les Lépidoptères (RIDDIFORD et WILLIAMS, 1967) et les Coléoptères (METWALLY et LANDA, 1972 ; BHATNAGAR-THOMAS, 1973).

5. — *Effets sur l'activité métabolique*

Les études effectuées dans ce domaine montrent que l'application des dérivés de l'Hormone Juvénile a des conséquences variées chez l'insecte : sur le métabolisme respiratoire de *T. molitor* L. (SCHMIALEK et DREWS, 1965), sur la déshydrogénase et la transaminase enzymatique de *T. molitor* (EMMERICH *et al.*, 1965), sur le métabolisme des acides gras et des lipides (GILBERT, 1967 ; BELL et BARTH, 1971), sur les modifications spécifiques dans le métabolisme des acides nucléiques. OBERLANDER et SCHNEIDERMAN (1966), BAUMANN (1969) citent en outre à l'échelle cellulaire des effets sur les membranes biomoléculaires des lipides et SHAAYA et SEKERIS (1970) signalent aussi leur influence sur la synthèse des matériaux spécifiques contenus dans les glandes sexuelles accessoires de *Periplaneta americana* L.

Bien qu'il soit évident que les changements causés par les produits juvénilisants dans la métamorphose et la reproduction aillent de pair avec les modifications du métabolisme, il n'y a pas assez, selon SLÁMA (1971) de résultats expérimentaux permettant de savoir si l'une des transformations du métabolisme mentionnée est la cause ou simplement une modification de l'action de ces substances.

6. — *Effets sur le comportement*

L'inhibition de la métamorphose par les analogues d'Hormone Juvénile est généralement associée à certaines altérations des caractères du comportement dès le début de la métamorphose. SLÁMA (1971) signale en particulier la rétention de géotropismes positifs et négatifs, l'inhibition du comportement de tissage, la prolongation de la période d'alimentation et l'absence de déplacement à la recherche de cachettes.

De plus, ZDAREK et SLÁMA (1968) démontrent que ces substances peuvent aussi agir sur la

reproduction de l'insecte en modifiant son comportement sexuel. En effet, si les nymphes normales de *P. apterus* ne présentent jamais de comportement sexuel, ces auteurs constatent que les nymphes géantes surnuméraires de cet hémiptère, obtenues après traitement, se comportent sexuellement comme des adultes : les nymphes surnuméraires femelles sont attractives pour les mâles normaux et traités, ces derniers essayant de copuler aussi bien avec des femelles adultes qu'avec des nymphes de femelles surnuméraires.

TAMAKI (1973) d'autre part, observe que l'emploi de telles substances entraîne chez *Myzus persicae* SULZER une réduction de la production de migrants ailés d'environ 75 p. 100 d'une part et retarde la migration elle-même d'au moins 15 jours d'autre part.

CRUICKSHANK (1971) note que les femelles mûres de *Blatella germanica* L. auxquelles on a fait ingérer dans l'aliment 20 p.p.m. d'un dérivé terpénoïde amide, déposent prématurément leurs oothèques empêchant ainsi un développement normal. Selon cet auteur, l'emploi d'appâts serait un excellent moyen de lutte contre cet insecte. NÉMEC (1971) observe une suppression de l'instinct migrateur : solitarisation des criquets grégaires par applications topiques de dérivés des esters farnésaniques synthétisés.

IV. — ÉVOLUTION DES RECHERCHES SUR L'HORMONE JUVÉNILE ET SES ANALOGUES

Nous rappellerons brièvement dans ce chapitre la chronologie des principaux événements survenus dans cette nouvelle voie de recherche qui n'a pas encore 20 ans puisque son origine remonte à 1956 seulement lorsque WILLIAMS découvrit pour la première fois dans des abdomens de mâles de *H. cecropia* des extraits possédant une importante action juvénilisante.

Peu après, divers auteurs obtinrent des substances possédant des effets analogues dans des extraits lipidiques préparés à partir de classes animales différentes (SCHNEIDERMAN et GILBERT, 1958) dans certains organes de vertébrés (WILLIAMS *et al.*, 1959), dans des micro-organismes et dans des plantes (SCHNEIDERMAN *et al.*, 1960) ou dans d'autres sources (FISHER et SANBORN, 1962).

KARLSON et SCHMIALEK (1959) découvrirent dans les excréments de *Tenebrio* des substances juvénilisantes qui furent peu après identifiées comme un alcool sesquiterpénique, le farnésol, et son aldéhyde le farnésal (SCHMIALEK, 1961). Ces auteurs montrèrent alors l'activité de ces deux composés à la fois sur *Tenebrio* et *Rhodnius* tandis que par ailleurs SLÁMA (1962) démontrait leur activité faible ou nulle sur d'autres espèces. Presque aussitôt il était observé que certains dérivés du farnésol tels que le farnésylméthyl éther, le farnésyldiéthylamine (SCHMIALEK, 1963) et le farnésylacétone (SCHMIALEK, 1963 et BOWERS et THOMPSON, 1963) étaient beaucoup plus actifs que le farnésol. En particulier le 10, 11-époxyfarnésoate présente l'activité la plus élevée et fut apparenté par BOWERS *et al.* (1965) à l'hormone alors inconnue extraite des papillons de *Cecropia*.

En 1966, LAW, YUAN et WILLIAMS préparèrent un mélange de composés isoprénoïdes à activité juvénilisante. La réaction produite entre l'acide chlorhydrique et une solution éthanolique d'acide farnésique est jusqu'ici couramment employée dans les recherches sur l'Hormone Juvénile sous le nom de « Williams and Law Mixture ». Son composé le plus actif pour *P. apterus* fut identifié par ROMANUK *et al.* (1967) comme étant un ester de l'acide 3, 7, 11-triméthyl-7, 11-dichloro-2-dodécénique. Depuis cette époque, des séries complètes de sesquiterpénoïdes apparentés à des analogues de l'Hormone Juvénile ont été décrites pour avoir des effets spécifiques sur diverses espèces d'insectes dont SLÁMA (1972) a dressé une liste.

Après la découverte par SLÁMA et WILLIAMS (1965) du « paper factor » à activité juvénile sur les larves de *P. apterus*, BOWERS *et al.* (1966) en identifièrent le principe actif comme un ester méthyl de l'acide todomatique alors appelé Juvabione (tabl. 2). Avec la juvabione, CERNY *et al.* (1967) ont extrait du sapin baumier poussant en Tchécoslovaquie la déhydro-juvabione.

La production de substances analogues de l'Hormone Juvénile, par les plantes, entraîna de

nombreuses discussions, sur leur signification éventuelle dans les rapports Insecte-Plante : une abondante littérature a été rapportée à ce sujet (Sláma, 1971). Il semble évident que les plantes contenant des analogues de l'Hormone Juvénile sont plus résistantes à des attaques prolongées d'espèces d'insectes sensibles comme l'exprimait déjà Sláma en 1969. Mais on ne sait pas encore s'il s'agit d'une adaptation évolutive ou plus simplement d'un phénomène de coïncidence.

Par des recherches plus approfondies, Gilbert et Schneiderman sur des extraits lipidiques de *Cecropia* et d'autres Lépidoptères confirmèrent que l'abdomen du papillon mâle de *Cecropia* était bien la source la plus riche d'Hormone Juvénile. L'hormone fut plus tard concentrée grâce à divers procédés de purification jusqu'à 3×10^5 fois par Meyer *et al.* (1965). Parallèlement, Williams et Law (1965) parvinrent à concentrer le produit actif jusqu'à 5×10^4 fois et déterminèrent le composé majeur de la fraction active comme un époxyde de méthylhexadécanoate. Cependant ses quatre isomères optiques furent synthétisés et s'avérèrent totalement inactifs.

La structure du composé actif fut finalement élucidée par Röller *et al.* (1965) qui le purifièrent jusqu'à 10^5 fois et le définirent comme le méthyl-*trans*, *trans*, *cis*, 10-époxy-7-éthyl-3, 11-diméthyl-2, 6-tridécadiénoate (1967). La synthèse de ce composé et de ses deux stéréoisomères ainsi que celle des composés apparentés qui se montrèrent pleinement actifs, fut alors réalisée respectivement par Röller *et al.* (1967, 1969) ; Dahm *et al.* (1968) ; Wakabayashi (1969). Plus récemment, l'équipe de Meyer (1968, 1970) a isolé une nouvelle hormone à partir des extraits de *Cecropia*, hormone différant de la précédente par un groupement méthyle à la place d'un groupement éthyle. A cet effet, Meyer proposa une nomenclature spéciale pour appeler le premier composé méthyl 12-14-dihomojuvénate et le second méthyl-12-homojuvénate.

Les premiers analogues aromatiques de l'Hormone Juvénile furent apparentés de par leur structure à la Juvabione par Ayyar *et al.* (1967), Sláma *et al.* (1968). Ils étaient exclusivement actifs sur les Pyrrhocoridés. Bowers (1969) a montré que des analogues pouvaient être obtenus lorsque la chaîne isoprénoïde est rattachée à l'anneau benzénique par un hétéroatome. La chimie de ces analogues terpénoïdes a fait de grands progrès ces derniers temps. L'hétéroatome d'oxygène peut être remplacé par un groupement Soufre ou Amine.

Zaoral et Sláma (1970) ont récemment ouvert un nouveau champ de recherches sur les analogues de l'Hormone Juvénile. En se basant sur certaines similitudes entre des chaînes terpéniques et peptidiques, ils ont préparé des peptides comme par exemple un ester de l'acide L-isoleucyl-L-alanyl-*p*-aminobenzoïque qui possède une action juvénilisante très élevée sur *Pyrrhocoris*. Ainsi des séries d'analogues peptidiques ont récemment été préparés en Tchécoslovaquie par Poduska *et al.* (1971). D'autres composés non terpéniques ayant une action juvénilisante sont actuellement connus : ce sont des acides gras libres et des alcools (Sláma, 1962), des éthers de dodécanol (Schneiderman *et al.*, 1965) et les dérivés du 1,3-benzodioxole apparentés aux synergistes d'insecticide du type Sesoxane (Bowers, 1968), tels que le Pipéronyl butoxide, la Sésamine et la Sésamoline.

Enfin, notre étude bibliographique sur les analogues de l'Hormone Juvénile nous a permis de dresser une liste non exhaustive des principaux arthropodes connus à ce jour sur lesquels ces substances ont fait l'objet d'une étude basée soit sur l'observation des effets d'une application topique de laboratoire, soit sur les résultats d'essais en microparcelles ou d'expérimentation pratique à plus grande échelle sur le terrain (tabl. 1).

TABLEAU I

Principaux arthropodes ayant donné lieu à des études sur les effets des analogues de l'hormone juvénile (1)

Arachnides		
Acariens		
Panonychus citri mcgregor	*Tetranychidae*	Bagley et Bauernfeind, 1972 (2)
Tetranychus cinnibarius boisd	—	Bull *et al.*, 1973

TABLEAU I (*suite*)

Insectes		
Odonates		
Aeschna cyanea MÜLL.	*Aeschnidae*	DEFOSSEZ et SCHALLER, 1973
Dictyoptères		
Blatella germanica L.	*Blattidae*	PUNJA *et al.*, 1973
Isoptères		
Reticulitermes lucifugus ROSSI	*Rhinotermitidae*	HRDY et KRECEC, 1972
Phasmoptères		
Dixippus morosus BRUNNER	*Phasmidae*	SOCHA et GELBIC, 1973
Orthoptères		
Gryllus bimaculatus DE GEER.	*Gryllidae*	NÉMEC, 1971
Schistocerca gregaria FORSK	*Catantopidae*	—
Locusta migratoria L.	*Acrididae*	—
Anoploures		
* *Pediculus humanus* L.	*Pediculidae*	WINSON et WILLIAMS, 1967
Mallophages		
* *Bovicola bovis* L.	*Trichodectidae*	CHAMBERLAIN *et al.*, 1973
Bovicola limbata	—	HOPKINS *et al.*, 1970
Homoptères		
Draeculacephala crassicornis	*Jassidae*	BAGLEY et BAUERNFEIND, 1972
* *Aphis fabae* SCOP.	*Aphidae*	HANGARTNER *et al.*, 1971
Aphis gossypii GLOVER	—	BULL *et al.*, 1973
* *Myzus persicae* SULZER	—	TAMAKI, 1973 ; LECLANT, 1974
* *Myzus varians* DAVIDS	—	LECLANT, 1974
* *Macrosiphum euphorbiae* THOMAS	—	BENSKIN et PERRON, 1973
* *Schizaphis gramineum* RONDANI	—	NASSAR, 1973
* *Planococcus citri* RISSO	*Coccidae*	STAAL, 1973
Aonidiella aurantii MASK.	—	BAGLEY et BAUERNFEIND, 1972
Unaspis citri COMST.	—	—
Coccus hesperidum L.	—	—
Hémiptères		
Rhodnius prolixus STAL	*Reduviidae*	WIGGLESWORTH, 1973 ; PATTERSON, 1973
Lygus lineolaris P. de B.	*Miridae*	BULL *et al.*, 1973 ; BAGLEY *et al.*, 1972
Lygus hesperus KNIGHT	—	
Leptocoris trivittatus SAY	—	BOWERS, 1971
Cimex lenticularis L.	*Cimicidae*	
Geocoris punctipes SAY	*Lygaeidae*	BULL *et al.*, 1973
Lygaeus equestris L.	—	—
Oncopeltus fasciatus DALL.	—	SCHWARZ *et al.*, 1971 ; REDFERN, 1972
Dysdercus cardinalis GERST.	*Pyrrhocoridae*	BRANSBY-WILLIAMS, 1971
Dysdercus fasciatus SIGN	—	CRITCHLEY et ALMEIDA, 1973
— *cingulatus* F.	—	BABU et SLAMA, 1972
— *roenigii* F.	—	SAXENA et WILLIAMS, 1966
Pyrrhocoris apterus L.	—	ROMANUK, 1971
Graphosoma italicum MUELL.	*Pentatomidae*	—
Aelia acuminata L.	—	—
* *Eurigaster integriceps* PUT.	—	SAZONON et REUTSKAJA, 1972
Coléoptères		
Tenebrio molitor L.	*Tenebrionidae*	HENRICK *et al.*, 1973 ; SCHMIALEK *et al.*, 1973 ; PUNJA *et al.*, 1973 ; SARMIENTO *et al.*, 1973 ; SONNET *et al.*, 1973 ; SOCHA et SEHNAL, 1973
Graphognathus peregrimus BUCH.	—	BAGLEY et BAUERNFEIND, 1972
* *Tribolium castaneum* HERBST	—	DYTE, 1972 ; MORI, 1972
Tribolium confusum DUV.	—	SARMIENTO *et al.*, 1973

TABLEAU I (*suite*)

Thermobia domestica PACKARD.	*Cleridae*	RHODENDORF et SEHNAL, 1973
* *Stegobium paniceum* L.	*Anobiidae*	THOMAS et BHATNAGAR-THOMAS, 1973
Trogoderma granarium EVERTS.	*Dermestidae*	METWALLY et SEHNAL, 1973
Dermestes vulpinus F.	*Dermestidae*	ROMANUK, 1971
* *Rhizopertha dominica* F.	*Bostrychidae*	THOMAS et BHATNAGAR-THOMAS, 1973
* *Epilachna varivestis* MULSANT	*Coccinellidae*	WALKER, 1973
* *Callosobruchus chinensis* L.	*Bruchidae*	THOMAS et BHATNAGAR-THOMAS, 1973
Caryedon gonagra F.	—	METWALLY et SEHNAL, 1973
Conoderus falli LANE	—	BAGLEY et BAUERNFEIND, 1972
Phaedon cochleariae WEISE	*Chrysomelidae*	PUNJA *et al.*, 1973
Diabrotica undecimpunctata MANNH.	—	BAGLEY et BAUERNFEIND, 1972
— *virgifera* LEC.	—	—
Oulema melanopus L.	—	NILLES *et al.*, 1973
Leptinotarsa decemlineata SAY	—	VARJAS, 1971 ; VOGEL et HOMBERGER, 1973
* *Sitophilus granarius* L.	*Curculionidae*	THOMAS et BHATNAGAR-THOMAS, 1973
Sitophilus zeamais MOTSH.	—	BRANSBY-WILLIAMS, 1972
Anthonomus grandis BOH.	—	BULLOC, 1972
Pissodes strobi PECK	—	RETNAKARAN, 1973
* *Hypera postica* GYLH.	—	BAGLEY et BAUERNFEIND, 1972
* *Hypera brunneipennis* L.	—	—
Popilia japonica NEWM.	*Scarabeidae*	—
Pterostichus nigrita F.	*Carabidae*	FERENZ, 1973
Planipennes		
Chrysopa carnea LEACH.	*Chrysopidae*	BULL *et al.*, 1973
Lépidoptères		
Coleophora laricella HB.	*Eupistidae*	SKUHRAVY, 1973
Hyponomeuta malinellus ZELL.	*Hyponomeutidae*	NOVAK et SEHNAL, 1973
* *Sitotroga cerealella* OLIV.	*Gelechiidae*	STOCKEL, 1974
Laspeyresia pomonella L.	*Tortricidae*	VOGEL *et al.*, 1971 ; GELBIC et SEHNAL, 1973
Adoxophyes orana FISH.	—	ABDALLAH, 1972
Choristoneura fumiferana CLEM.	—	RETNAKARAN, 1973
Choristoneura occidentalis FREEMAN	—	RICHMOND, 1970
* *Ephestia cautella* WALKER	*Pyralidae*	BRANSBY-WILLIAMS, 1972
Ephestia kuehniella Z.	—	NOWOCK, 1973
Galleria mellonela L.	—	HENRICK, 1973 ; REDDY et KRISNAKUMARAN, 1972
Ostrinia nubilalis HBN.	—	BAGLEY et BAUERNFEIND, 1972
Cerula vinula L.	*Ceruridae*	GELBIC et SEHNAL, 1973
Euproctis chrysorrhoea DON.	*Lymantriidae*	NOVAK et SEHNAL, 1973
Prodenia litura F.	*Noctuidae*	VOGEL et HOMBERGER, 1971
Heliothis armigera HB.	—	BRANSBY-WILLIAMS, 1972
Heliotis virescens F.	—	BENSKIN et VINSON, 1973 ; GUERRA *et al.*, 1973
Spodoptera frugiperda J. E. SMITH	—	BAGLEY et BAUERNFEIND, 1972
Chorizagrotis auxiliaris GROTE	—	—
Hyphantria cunea DRU.	*Arctiidae*	VARJAS et SEHNAL, 1973
Malacosoma californicum PACK	*Lasiocampidae*	WELLINGTON
Manduca sexta JOH.	*Sphingidae*	RIDDIFORD et AJAMI, 1973 ; TRUMAN *et al.*, 1973
Pieris brassicae L.	*Pieridae*	BENZ, 1971
Vanessa io L.	*Nymphalidae*	VOGEL et HOMBERGER, 1971
Diptères		
* *Aedes aegypti* L.	*Culicidae*	PUNJA *et al.*, 1973 ; HENRICK *et al.*, 1973
Culex pipiens L.	—	MORI, 1971 ; CRUICKSHANK, 1971
Culex tarsalis COQUILLETT	—	ITTYCHERIAH, 1974
Musca domestica L.	*Muscidae*	PLAPP et WILSON, 1973
* *Hylemyia antiqua* MEIG.	—	BRUNEL (Communication personnelle), 1974

TABLEAU I (*suite*)

Chortophila brassicae BOUCHÉ	*Muscidae*	VAN DE VEIRE *et* A. DE LOOF, 1973
* *Stomoxys calcitrans* L.	—	WRIGHT et BOWAN, 1973
Calliphora erythrocephala MEIG.	*Calliphoridae*	PIHAN et BAUTZ, 1970
Hyménoptères		
Apanteles rubecula MARSH.	*Braconidae*	WILKINSON et IGNOFFO, 1973
Trichogramma sp.	*Trichogrammatidae*	BAGLEY et BAUERNFEIND, 1972
Nomia melanderi EKPP.	*Apidae*	HSIAO et HSIAO, 1969

(1) Afin d'alléger la présentation de cette liste, nous ne mentionnons pour chaque arthropode étudié que les références les plus récentes.

(2) L'astérisque précédant certains noms d'espèces indique celles qui ont donné lieu à des études pratiques de lutte.

Nota : L'évaluation globale des effets obtenus variant considérablement selon les ordres comme l'ont montré STAAL (1972), JACOBSON *et al.* (1972) nous ne les faisons pas paraître dans ce tableau, préférant étudier de manière plus approfondie certains exemples agronomiques au cours du dernier paragraphe de cette analyse.

V. — CLASSIFICATION DES PRINCIPAUX ANALOGUES DE L'HORMONE JUVÉNILE SELON LEUR STRUCTURE CHIMIQUE

La célèbre découverte du « paper factor » de SLÁMA eut pour conséquence directe de motiver dans un certain nombre de pays des groupes de chimistes en vue d'isoler de nombreuses substances naturelles dont l'action imite celle de l'Hormone Juvénile et de les synthétiser.

A l'heure actuelle, ces recherches sont ainsi poursuivies à la fois par diverses compagnies privées et par des laboratoires de synthèse organiques dans certaines Universités (bien souvent d'ailleurs avec des subventions de l'industrie). On peut citer par exemple les firmes E. I. du Pont, F. M. C., Stauffer-Chemicals Co, ou Zoëcon Corporation et Syntex aux U. S. A., Maag Hoffmann La Roche Inc. en Suisse, Procida en France et les équipes des Professeurs MORI à l'Université de Tokyo, WILLIAMS à celle de Harvard (U. S. A.), NOVAK et SLÁMA à celle de Prague (Tchécoslovaquie), etc.

SLÁMA (1971) puis NOVAK (1971) ont classé les principaux analogues de l'Hormone Juvénile actuellement connus en huit groupes principaux selon leur structure chimique (tabl. 2).

APPLICATIONS AGRONOMIQUES DES AHJ

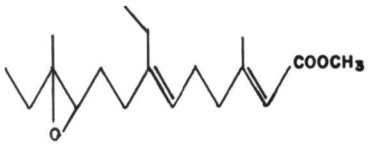
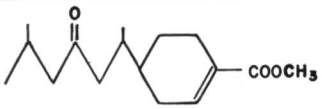
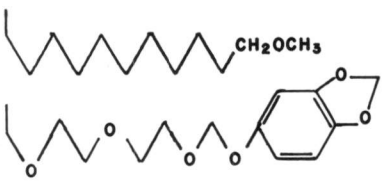
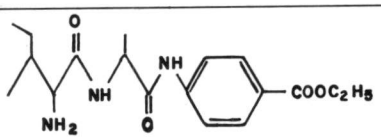
1. — *Considérations générales résultant de la comparaison des insecticides chimiques classiques aux régulateurs de croissance employés comme insecticides*

La plupart des publications scientifiques qui traitent des AHJ envisagent presque toujours dans leurs conclusions l'éventualité d'une utilisation pratique contre telle ou telle espèce nuisible.

Ainsi que le rappellent VOGEL (1971) et plus récemment RAMADE (1974) les insecticides conventionnels sont facilement utilisés comme arme contre les ravageurs car leur action immédiate permet une application simple et efficace sans une étude biologique très poussée. Cependant, outre leur effet remarquable et direct sur les populations d'insectes nuisibles, les composés chimiques engendrent un certain nombre d'effets secondaires dont les plus lourdes conséquences sont du domaine de l'Écologie (MOORE, 1967 ; BILIOTTI, 1971 ; RAMADE, 1974). Parmi ces effets secondaires nous retiendrons en particulier :

TABLEAU 2

Classification des principaux AHJ

Groupe	Type de formule chimique	Insectes sensibles
I. Substances du type du composé efficace extrait d'abdomen de *Hyalophora cecropia*. Exemple : Méthyl 10-époxy-7-éthyl-3, 11-diméthyl 2-6-tridécadiénoate.		Orthoptères Coléoptères Lépidoptères
II. Sesquiterpénoïdes monocycliques Exemple : Juvabione (extrait de *Abies balsamea*)		Hémiptères Pyrrhocoridae
III. Dérivés aromatiques de la Juvabione		Hémiptères Pyrrhocoridae
IV. Terpènes acycliques	 type farnésol R = CH_2OH type Acide farnésique R = $COOCH_3$	Pyrrhocoridae
V. Terpénoïdes acycliques	 R = $CH_2CH(CH_3)COOCH_3$ R = $CH_2C(CH_3) : CHCOOCH_3$ 	Coléoptères *Tenebrio molitor* L. Activité moyenne Activité élevée et sélective Activité élevée et sélective
VI. Éthers terpénoïdes aromatiques thioéthers et amines Dérivés de Phénols et d'aniline	 R = groupement alkyloxycarbonyle	Exoptérygotes
VII. Composés acycliques du type dodécyléther type = éther de dodécanol type = synergiste d'insecticide (Sesamex)		Lépidoptères et Coléoptères *Tenebrio molitor* L.
VIII. Composés peptidiques L-isoleucyl-L-alanyl-p-aminobenzoïc acide éthyl ester		Hémiptères Pyrrhocoridae

1. *Spectre d'activité trop étendu :* leur manque de spécificité vis-à-vis des espèces nuisibles à détruire les rend trop souvent également toxiques pour les espèces utiles comme l'Abeille ainsi que pour les espèces auxiliaires comme les parasites et les prédateurs, ce qui peut entraîner parfois des déséquilibres biologiques.

2. *Risques de phytotoxicité* ainsi que toxicité plus ou moins grande vis-à-vis d'organismes autres que les insectes : poissons, oiseaux, gibier, animaux domestiques sans oublier l'Homme.

3. *Apparition de races résistantes* nécessitant soit l'utilisation de doses plus fortes soit l'emploi de nouveaux produits dans les délais les plus courts.

4. *Vitesse de dégradation des substances actives* variable dans la plante, le sol ou l'eau, ce qui peut entraîner, dans des conditions particulières, des phénomènes de concentration et d'accumulation de certains composés très persistants (les chlorés par exemple dans les tissus adipeux) et les difficultés qui en résultent sont alors très délicates à résoudre.

5. *Enfin, il faut signaler aussi* que l'emploi inconsidéré des pesticides chimiques pour la protection des plantes, outre le fait qu'il favorise dans certaines conditions les pullulations d'autres ravageurs, les acariens par exemple lors des traitements contre les Tordeuses de la Vigne (Chaboussou, 1969) pose surtout à l'heure actuelle le problème général des modifications de l'Environnement et de sa pollution.

Le praticien s'attend donc à ce que les nouvelles substances ne présentent aucun des inconvénients énumérés ci-dessus et Vogel (1971) estime, bien que nos connaissances basées sur des essais empiriques soient encore très limitées, que certains facteurs sont déjà bien établis :

1° la dégradation de la plupart des composés actifs dans la plante ou sur cette dernière est extrêmement rapide,

2° les dérivés en question sont pratiquement non toxiques vis-à-vis des animaux à sang chaud,

3° étant donné la dégradation enzymatique contrôlée il est peu probable qu'apparaisse une accumulation dans le tissu adipeux,

4° très peu de composés synthétisés présentent une remarquable spécificité.

En outre, les effets des AHJ ne sont pas les mêmes que ceux des insecticides conventionnels : si les substances classiques sont très sûres et tuent en général les insectes immédiatement et à tous les stades, cela n'apparaît presque jamais avec les dérivés d'hormones d'Insectes. En effet, une perturbation dans la métamorphose représente l'effet courant de l'AHJ, il aboutit généralement, plus ou moins rapidement, à paralyser les adultes inhibant ainsi leur capacité à se reproduire, c'est ce que Vogel appelle l'effet morphogénétique. Toutefois, deux autres effets peuvent aussi être observés :

— un effet stérilisant si le développement embryonnaire de l'œuf pondu par des animaux traités est bloqué,

— un effet strictement ovicide si aucune éclosion n'est observée après le traitement des œufs.

Cette dernière action présente certaines ressemblances avec l'effet ovicide classique des insecticides conventionnels.

2. — *Exemples d'applications récentes sur le terrain*

Dans le tableau 2, nous avons signalé par un astérisque, tous les insectes ayant jusqu'ici, à notre connaissance, donné lieu à des opérations de lutte pratique « sur le terrain » au moyen de régulateurs de croissance. Des essais ont été réalisés dans la plupart des principaux ordres et nombreuses sont, ces derniers mois, les publications scientifiques relatant de nouvelles applications. Il serait sans doute fastidieux d'énumérer les modalités et les divers résultats obtenus dans chacune d'entre elles, aussi nous bornerons nous ici à en rappeler certains exemples caractérisant les principaux domaines d'investigations étudiés.

A. *Lutte contre les Phytophages de grande culture.*

a) *Les charançons de la luzerne :* Hypera postica GYLH. *et* Hypera brunneipennis L.

Ces insectes sont de très importants ravageurs aux U. S. A. et ont été choisis par BAGLEY et BAUERNFEIND (1972) pour des essais en culture car les travaux de BOWERS et BLICKENSTAFF (1966) ont montré au laboratoire qu'ils étaient très sensibles aux mimétiques de l'Hormone Juvénile ; ils présentent ainsi des effets morphogénétiques au cours de la métamorphose et une interruption de la diapause adulte.

Les essais furent conduits dans quatre localités en 1971, en Arizona sur culture de luzerne irriguée afin de pouvoir déterminer quels effets pouvaient être induits par des AHJ dans les populations naturelles de *H. postica* à l'Est et de *H. brunneipennis* à l'Ouest.

Deux composés juvénilisants furent utilisés aux doses 300, 1 250 et 5 000 g MA à l'hectare.

— Composé I : Méthyl 10, 11-époxy-7-éthyl-3, 11-diméthyltridecadiénoate (mélange de 8 isomères) ;

— Composé II : 6, 7-époxy-3, 7-diméthyl-1 [3,4-(méthylènedioxy)-phénoxy]-2 nonène (mélange de 4 isomères).

La parcelle unitaire mesurait 200 m² environ et chaque traitement fut répété trois fois. Les produits chimiques furent appliqués en formulations émulsifiables diluées à l'eau et les traitements furent effectués au pulvérisateur tracté à vitesse constante fournissant ainsi un débit constant de 170 litres par hectare.

Il y eut trois applications des AHJ courant avril à 10 jours d'intervalle en traitant avant le lever du jour pour tester le caractère photolabile des produits.

On utilisa deux méthodes différentes pour examiner l'évolution des populations de charançon à partir d'échantillons de terre tamisée :

— les larves de 4^{e} stade récoltées après la 1re et la 2^{e} applications furent placées en boîtes de Petri afin d'observer leur développement jusqu'à l'adulte,

— les adultes des deux sexes récoltés après la 2^{e} et la 3^{e} application furent placés dans des cages sur de la luzerne en vue de suivre leur comportement de ponte.

Seul le composé I à la dose de 5 000 g/ha entraîne une diminution sensible des populations larvaires, tout au moins au début ; par la suite en effet, les traitements supplémentaires ne paraissent pas affecter le niveau de la population.

L'élevage des larves L4 donne des résultats intéressants : le même composé I entraîne un pourcentage élevé de perturbations dans la métamorphose (nymphes anormales) ainsi que l'apparition de nombreuses malformations chez les adultes. Ces malformations s'observent sur les ébauches alaires des nymphes et sur les élytres des imagos. La plupart de ces nymphes meurent tandis que les adultes peuvent marcher mais sont totalement incapables de voler.

D'autre part, sur 300 adultes récoltés après les traitements et mis en élevage au laboratoire, une seule ponte fut obtenue. Ainsi les auteurs en concluent qu'aucun des produits utilisés sur le terrain ne stimule la ponte ni n'influe sur le cycle évolutif de l'espèce car contrairement aux observations de laboratoire (BOWERS et BLICKENSTAFF, 1966) tous les adultes récoltés comme ceux des parcelles témoins entrèrent normalement en diapause estivale.

Des résultats identiques ont été obtenus au Maryland et en Pensylvanie. En outre sous les conditions de l'Arizona, les deux produits engendrèrent à la dose maximale des effets phytotoxiques sur la luzerne qui se manifestèrent par l'apparition de taches nécrotiques brunâtres sur le feuillage.

En conclusion, ces résultats d'essais sur les Charançons de la Luzerne sont considérés par leurs auteurs comme typiques de l'application de composés juvénilisants par pulvérisation sur les cultures : des effets morphogénétiques mineurs peuvent être généralement observés mais en faible pourcentage de la population traitée et après de multiples applications de ces produits à des concentrations relativement élevées. L'échec en est imputé à la trop grande instabilité du composé

dans les conditions naturelles ainsi que le confirment par ailleurs les travaux de PAWSON *et al.* (1972).

b) *La punaise des grains :* Eurygaster integriceps PUT.

Une expérimentation de plein champ fut réalisée en Bulgarie sur la punaise des céréales *E. integriceps* (Hémiptère *Pentatomidae*) par SORM (1971). Cet auteur utilisa le nitrophé nyl 6,7-époxy-géranyl éther, analogue de l'Hormone Juvénile synthétisé par les laboratoires tchécoslovaques. L'activité de ce composé avait été préalablement déterminée au laboratoire par la formation de 50 p. 100 d'adultoïdes après des applications topiques de 0,05 microgrammes de produit par individu.

Les aires sélectionnées pour l'essai étaient des champs de blé où la substance juvénilisante en solution huileuse fut pulvérisée aux concentrations de 0,5 à 500 grammes de matière active à l'hectare.

Les adultoïdes furent récoltés à différents intervalles de temps après la contamination puis gardés isolément et observés.

Il a ainsi été montré que pendant la mue, la substance testée est hautement active, entraînant la formation d'individus mal formés même aux basses concentrations. Cependant cette activité se trouve limitée dans le temps à une très courte période suivant le traitement, ce qui rejoint les conclusions de l'exemple précédent.

c) *Les Pucerons.*

Certains essais ont donné chez ces homoptères des résultats plus probants, citons en particulier les travaux de LECLANT (1974) sur *M. persicae* et *M. varians* en verger. L'auteur utilisant les hormones de synthèse ZR 512, ZR 777 et ZR 619 produites par Zoëcon obtint une réduction, notable de la masse des Aphides en circulation durant la période normale d'immigration : les essais montrèrent en effet un blocage du développement de l'insecte au stade nymphal (larve d'un ailé) : les fourreaux alaires sont parfaitement développés mais la mue imaginale ne se produit pas ou, si elle se produit, les ailes ne se déplient pas et le puceron est incapable de voler.

Notons au passage que de tels résultats avaient déjà été envisagés mais de manière théorique par VOGEL (1971) sur *Aphis fabae* SCOP. Ils rejoignent ceux de BENSKIN et PERRON (1973) réalisés à l'aide des mêmes substances sur *M. euphorbiae* mais au laboratoire.

d) *Autres insectes phytophages.*

Bien d'autres insectes phytophages ont donné lieu à des études de plein champ avec des résultats divers. Citons pour mémoire les travaux de WALKER (1973) sur le Coléoptère *Epilachna varivestis* MULSANT. ravageur de la Fève du Mexique dont le traitement à l'aide du 1-(*p*-chlorophénoxy)-6, 7-époxy-3, 7-diméthyl-2-nonène entraîne des perturbations dans la métamorphose et réduit les éclosions de 90 p. 100 mais engendre sur la Fève une phytotoxicité comparable aux effets produits par certains herbicides. Chez un diptère *Muscidae, Chortophila antiqua* MEIG., BRUNEL (communication personnelle) n'observe aucun effet insecticide sur les mouches issues d'œufs placés dans un sol traité à l'aide des régulateurs de croissance Zoëcon déjà cités. Cet auteur au contraire noterait même une légère augmentation de la fécondité des mouches.

B. *Lutte contre les insectes des denrées entreposées.*

Au cours d'une étude préliminaire, THOMAS et BHATNAGAR-THOMAS (1968) montrèrent que l'incorporation de petites quantités d'un AHJ, le méthyl 3, 7, 11-triméthyl-7, 11 dichloro 2-dodécénoate (MTDD) dans le régime alimentaire de *Tribolium castaneum* HERBST., *Stegobium paniceum* L. et *Bruchus chinensis* L. entraînait un effet insecticide sur ces ravageurs. Ces premiers essais indiquaient en outre que l'action insecticide du MTDD était liée à la nature de la denrée ainsi qu'au type d'Insecte testé.

Dans un travail plus approfondi, BHATNAGAR-THOMAS (1973) expérimenta sur un plus grand

nombre d'Insectes afin de mettre en évidence des méthodes de lutte efficaces contre ce type de ravageurs. L'auteur expérimenta ainsi sur *Sitophilus granarius* L. élevé sur *Triticum vulgare*, *Rhyzopertha dominica* F. élevé sur *Sorghum vulgare*, *Bruchus chinensis* L. sur *Phaseolus mungo* et *S. paniceum* L. sur farine de Blé et graines de *Cuminum cyanum*.

Les Insectes étaient élevés à 30°C et sous 70 p. 100 HR sur leurs denrées respectives préalablement traitées au MTDD à des doses comprises entre 125 et 200 p.p.m. Pour chaque essai, répété 5 fois, 40 couples fraîchement émergés des élevages standards furent ainsi utilisés. Les adultes pouvaient pondre pendant deux semaines et tout le développement post-embryonnaire des différentes espèces fut suivi pendant 90 à 120 jours. Le premier effet fut une réduction notable de la fécondité des ravageurs : ainsi le nombre moyen d'œufs déposés par *B. chinensis* passe de 40 pour le témoin à 27 pour une dose de 100 p.p.m. et à 10 pour une dose double. Des résultats similaires sont obtenus chez *S. paniceum* et *R. dominica* bien que le comptage précis des œufs ne soit pas réalisable.

Le second effet est un pourcentage important d'échecs à l'éclosion des œufs : aucune larve de *S. paniceum* et de *R. dominica* ne peut être obtenue dans une nourriture contenant 100, 150 ou 200 p.p.m. de l'AHJ considéré.

S. granarius en revanche ne paraît pas affecté par le MTDD car même à la dose maximale étudiée de 200 p.p.m. on obtient un nombre de larves identique à celui du lot témoin non traité.

Toutefois l'auteur note que le pourcentage de larves achevant sa métamorphose varie selon les espèces et est fonction de la dose ; ainsi à 27 p.p.m. de MTDD par exemple l'ordre de sensibilité des différents insectes est le suivant :

S. paniceum > *R. dominica* > *B. chinensis* > *S. granarius*

En outre, ces différences furent retrouvées dans l'aptitude de l'Insecte à se métamorphoser sur deux régimes différents : ainsi le pourcentage de larves de *S. paniceum* capables de se métamorphoser complètement à diverses concentrations de MTDD mélangées à de la farine de Blé est significativement plus faible que sur des graines de Cumin traitées avec des doses identiques du composé juvénilisant.

L'auteur note enfin que si la F_1 provenant de *S. paniceum*, *R. dominica* et *B. chinensis* comprend une prédominance de mâles adultes anormalement grands présentant des malformations diverses et sexuellement incapables, 37 p. 100 des larves de *S. granarius* se métamorphosent en adultes normaux et fertiles même aux concentrations de 200 p.p.m. Il en conclut que cet Insecte dont tous les stades préimaginaux se trouvent bien protégés à l'intérieur des grains de Blé sera particulièrement difficile à combattre par les substances juvénilisantes. Dans un récent travail (STOCKEL, 1974) on observe par ailleurs une résistance encore supérieure de ces mêmes stades préimaginaux de l'espèce vis-à-vis du ZR 512 (Zoëcon) pulvérisé sur les grains infestés à la dose de 20 p.p.m. : seule une prolongation du développement embryonnaire d'environ 15 jours est observée. En revanche, cette même substance occasionne chez un Lépidoptère à développement larvaire comparable, *Sitotroga cerealella* OLIV., une diminution de la population de l'ordre de 50 p. 100 à la dose de 5 p.p.m. seulement.

C. *Lutte contre les moustiques.*

De nombreux chercheurs, aux États-Unis en particulier, se sont penchés sur l'étude des conditions de lutte contre les Insectes vecteurs de maladies notamment les moustiques. SPIELMAM et WILLIAMS constatent dès 1966, que l'émergence des adultes d'*Aedes aegypti* L. (vecteur de la fièvre jaune) est bloquée par l'adjonction d'une dose de 10 p.p.m. d'Hormone Juvénile synthétisée.

Le développement s'arrête alors à des stades compris entre la pupe et l'imago entièrement formé, incapable de s'extirper de sa dépouille nymphale. Selon ces auteurs, c'est le 4e stade larvaire précédant la métamorphose qui s'avère le plus sensible : en effet 40 p. 100 des larves sont tuées après l'exposition pendant un jour seulement dans une eau contenant 0,5 p.p.m. d'AHJ.

De plus, la substance inhibe l'éclosion des œufs et chez les adultes survivants, les mâles deviennent incapables de mouvoir leur genitalia et donc de copuler. Toutefois, les auteurs observent que l'efficacité des AHJ semble s'annuler au bout d'une semaine, la matière active étant, selon eux, détériorée par les bactéries ou autres agents du milieu.

D. *Lutte contre les parasites de l'homme et des vertébrés supérieurs.*

VINSON et WILLIAMS (1965) relatent des expériences à petite échelle montrant l'efficacité d'un produit juvénilisant le 6,7-époxy-3, 7-diméthyl-1-[3,4-(méthylènedioxy)-phénoxy]-2-nonène sur le poux de corps *Pediculus humanus humanus* L. Il suffit d'exposer des colonies de cet Anoploure pendant 24 heures seulement sur des vêtements préalablement pulvérisés au moyen d'une solution de cette substance concentrée à 1 p. 100 seulement pour qu'un effet ovicide immédiat se manifeste sur les pontes déposées pendant cette période par les adultes.

Toutefois, comme le remarquent les auteurs, le fait d'utiliser de telles substances presque directement sur l'homme fait considérer cette technique de lutte comme suspecte encore pour la santé humaine ce qui semble être un facteur de freinage pour la poursuite des recherches dans cette voie.

En revanche, en ce qui concerne la mouche du bétail *Stomoxys calcitrans*, l'équipe de WRIGHT et SCHWARZ (1972, 1973) a mis au point, aux États-Unis, une technique de lutte efficace contre ce dangereux parasite, par pulvérisation des litières des animaux au moyen de substances juvénilisantes synthétisées.

Les études ont été menées parallèlement au Nebraska et en Floride à l'aide des substances suivantes :

1) (E) : 4-[(6,7-époxy-3-éthyl-7-méthyl-2 nonenyl)-oxy] benzène (Hoffman Laroche, Inc);
2) (E) : 6,7-époxy-1-(*p*-éthylphénoxy)-3,7-diméthyl-2-octène (Stauffer Chemical Co).

Les deux produits en solutions émulsifiables étaient dilués au xylène, il n'est pas nécessaire de s'étendre sur les techniques de traitement.

Dans les deux localités où ont été effectués ces essais les résultats sont comparables et très encourageants : que le traitement ait eu lieu à l'intérieur ou à l'extérieur des étables, l'inhibition des adultes à émerger fut excellente : 64 à 91 p. 100 au Nebraska et 95-99 p. 100 en Floride.

Parallèlement, WRIGHT et SPATES (1972) envisagent une possibilité de lutte intégrée contre ce même insecte en associant l'emploi des deux AHJ précédemment cités à l'Hyménoptère parasite naturel de la Mouche *Muscidifurax raptor* GIRAULT et SANDERS. Ces auteurs constatent en effet que des applications de ces substances sur les pupes de *S. calcitrans* induisent des effets morphogénétiques sur la Mouche mais n'affectent ni le comportement de ponte ni le développement de son parasite.

Dans une étude plus récente enfin, WRIGHT *et al.* (1973) démontrent l'efficacité d'un autre régulateur de croissance l'Altozid (Zoëcon Corp) sur *S. calcitrans* et sa stabilité importante dans les conditions de l'étable : ce résultat est d'ailleurs retrouvé par BOWMAN *et al.* (1973) pour deux autres composés juvénilisants.

DISCUSSION-CONCLUSION

Il ne semble pas nécessaire de multiplier les exemples pour montrer que l'utilisation des régulateurs de croissance pour lutter contre les espèces nuisibles apparaît dès à présent possible dans la plupart des ordres d'Insectes. Toutefois, et ce sera l'objet de la présente discussion, il est assez peu probable que ces produits nouveaux puissent un jour totalement remplacer les insecticides classiques car s'ils possèdent sur eux des avantages indéniables, ils présentent en revanche certains inconvénients majeurs.

Parmi les principaux avantages des AHJ, on peut citer en premier lieu leur caractère non polluant : la préservation de l'environnement est en effet un des problèmes les plus préoccupants de l'heure ; généralement biodégradables, ils peuvent agir à des doses infinitésimales de sorte que leur accumulation dans la nature ne se pose pas.

L'activité de ces substances ne se manifeste que dans l'embranchement des Arthropodes tout d'abord et à ce titre, les risques pour la santé humaine paraissent pratiquement nuls puisque la DL_{50} pour le Rat se situe à une valeur moyenne de 10 g/kg comme le note de WILDE (1971) (1) (2).

Cette spécificité s'accroît par ailleurs à la classe des Insectes et certains auteurs ont montré leur totale inefficacité sur les Acariens *Panonychus citri* McGREGOR. (BAGLEY et BAUERNFEIND, 1972) et *Tetranychus cinnabarnus* BOISD. (BULL *et al.*, 1973). Enfin, en tant que produits de synthèse, leur sélectivité qui va parfois jusqu'à l'ordre, la famille ou même l'espèce est liée à la structure de leur chaîne moléculaire (longueur, position de tel groupement ou double liaison, etc.) comme l'a montré ROMANUK (1971) chez divers Hémiptères, Coléoptères et Lépidoptères.

A la différence de certains insecticides conventionnels dont le mode d'action est unique, les AHJ peuvent généralement agir de façon multiple sur l'Insecte : à la fois par contact, par ingestion ou par inhalation (SLÁMA, 1971). Parallèlement, si les modes d'action sont multiples, les effets sont divers : effets morphogéniques (VOGEL, 1971), prolongation des stades larvaires (AKAI et KOBAYASHI, 1971), inhibition de l'entrée en diapause (BOWERS et BLICKENSTAFF, 1966), stérilité permanente des femelles (SLÁMA, 1971), etc.

A ces avantages, il faut toutefois opposer leur trop faible stabilité dans les conditions naturelles (PAWSON *et al.*, 1972). Aussi leur emploi est conditionné par une connaissance parfaite du développement de l'espèce à détruire afin d'effectuer le traitement à coup sûr au moment opportun.

En outre, contrairement aux hypothèses formulées par WILLIAMS en 1967, BAGLEY et BAUERNFEIND (1972) signalent à l'issue d'essais de laboratoire l'apparition d'une certaine sensibilité de divers Insectes auxiliaires tels que des Hyménoptères parasites *Apanteles* et *Trichogrammes* et des prédateurs du type *Chrysopidae* et *Coccinelidae* envers certains AHJ testés, ce qui leur fait supposer quelque danger d'une lutte en plein champ contre les espèces d'Insectes nuisibles.

Par ailleurs, leur action n'est jamais immédiate, SLÁMA (1971) la compare à celle d'antibiotiques sur des Bactéries : l'AHJ ne tue pas immédiatement l'insecte mais engendre des troubles létaux du développement qui empêchent la reproduction. Parfois même, la prolongation de l'état larvaire, seul stade à s'alimenter, entraîne un accroissement notable de la perte pondérale de l'aliment comme cela a été montré chez *S. granarius* (STOCKEL, 1974).

Il faut en général attendre au moins une génération avant d'enregistrer une réduction de la population.

Un autre aspect non négligeable est celui de cas de phytotoxicité relevé par certains auteurs. Rappelons par exemple les effets du composé n° 1 sur la Luzerne dans la lutte contre *H. postica* GYLH. (BAGLEY et BAUERNFEIND, 1972) ou ceux de l'analogue utilisé par WALKER (1973) sur la Fèverole du Mexique pour lutter contre la coccinelle *E. varivestis* MULSANT. pour ne citer que ces deux-là. Dans tous les cas, les auteurs notent sur le feuillage la présence de taches brunâtres rappelant des brûlures mais dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible de préciser si ces effets sont dûs aux AHJ eux-mêmes ou à leur support chimique.

Bien qu'on ait supposé jusqu'ici que les Insectes ne pouvaient s'accoutumer à des produits voisins de ceux qu'ils élaborent, ce serait en effet nier le rôle maintenant bien établi des hormones

(1) Signalons par exemple que pour l'Altozar ou ZR 512 (Zoëcon) la DL_{50} *per os* pour les rats mâle et femelle est supérieure à 34 g/kg alors que pour le chien elle n'est que supérieure à 10 g/kg ; en outre, si la sensibilité de l'œil du lapin présente une irritation minimale, la toxicité aiguë chez les poissons en eau calme est très faible car la CL_{50} pour la Truite dépasse 100 p.p.m.

(2) Nous serions incomplets si nous ne signalions dans un récent travail de MAYER *et al.* (1973) l'éventualité de conséquences fâcheuses pouvant être entraînées chez les vertébrés supérieurs par l'emploi de ces substances. En effet, cet auteur a observé *in vitro* l'inhibition de certaines oxydases dans le foie du rat par l'application d'AHJ et il émet l'hypothèse d'une certaine toxicité à long terme sur les mammifères et l'homme.

dans le développement de l'Insecte, plusieurs cas de résistance à un AHJ sont déjà connus. Ainsi aux U. S. A., SCHNEIDERMAN (1971) a réussi à sélectionner une souche mutante de Drosophiles résistante à l'analogue qu'il lui donnait régulièrement. C'est d'ailleurs pour cet auteur un champ d'investigation important et pour chaque espèce nuisible il serait souhaitable de déclencher au laboratoire ces phénomènes de résistance afin de pouvoir éventuellement les juguler s'ils apparaissent en plein champ. Peu après, en Grande Bretagne, DYTE (1972) obtient une lignée de *T. castaneum* HERBST. résistante au méthyl 10, 11-époxy-7-éthyl-3, 11-diméthyl-2, 6-tridécadiénoate.

Un dernier aspect non négligeable à signaler est le prix de ces substances qui est actuellement très élevé et qui de ce point de vue ne les rend pas encore compétitives avec la plupart des insecticides conventionnels. En outre, leur caractère de nouveauté impose de nouveaux conceps en vue de leur homologation éventuelle et bien que de WILDE (1971) affirme que jusqu'ici l'Hormone Juvénile naturelle se soit révélée la plus active, l'industrie risque de s'en désintéresser parce qu'elle ne peut pas faire l'objet d'une prise de brevet.

Pour conclure cette mise au point, l'analyse de ces travaux très récents pour la plupart, montre qu'ils proviennent d'auteurs ou de groupes d'auteurs d'une seule et même école travaillant séparément mais parallèlement dans cette même voie de recherche.

Si jusqu'en 1971 la majorité des conclusions des diverses publications sont très confiantes dans l'avenir des analogues de l'Hormone Juvénile, il semble qu'au cours des deux années suivantes, à mesure que parviennent les résultats de travaux sur le terrain, on devienne plus nuancé et plus prudent quant à l'utilisation pratique future de ces substances nouvelles dans la lutte contre les Insectes nuisibles. C'est cet aspect nouveau du problème que nous avons cherché à exprimer et qui fait l'originalité de la présente note.

Cependant, au regard des limites ainsi définies pour l'utilisation de ces substances, tous les auteurs sont unanimes pour reconnaître que les perspectives futures de leur emploi pratique sont envisageables contre des espèces vivant dans des milieux homogènes bien définis ou se déplaçant peu. C'est en particulier le cas pour les Moustiques, les insectes vivant à l'intérieur des locaux : parasites animaux et insectes des denrées ainsi que certaines espèces de Pucerons.

Quoiqu'il en soit, les régulateurs de croissance ne semblent pas devoir être utilisés seuls comme des insecticides, mais on peut déjà admettre qu'ils entrent dans un programme plus général de lutte intégrée. Toutefois, avant d'aborder la phase essentiellement appliquée, il sera sans doute nécessaire au préalable d'améliorer nos connaissances sur les propriétés physico-chimiques de ces substances et d'en synthétiser de nouvelles en vue d'accroître leur sélectivité, leur persistance dans les conditions naturelles d'application ainsi que leur pouvoir de pénétration dans le milieu : sol, grains infestés par exemple.

C'est alors seulement que les mimétiques de l'Hormone Juvénile mériteront de constituer un des éléments majeurs de la « Troisième génération de Pesticides » de WILLIAMS (1967).

Reçu pour publication en juillet 1974.

SUMMARY

ANALOGUES OF JUVENILE HORMONE OR GROWTH REGULATORS IN INSECTS : POSSIBILITIES OF APPLICATION IN THE CONTROL OF DESTRUCTIVE SPECIES

Entomologist WILLIAMS, was the first who had an idea since 1956 of utilizing the synthetic hormones to interfere the moulting of insects in order to kill them. A rapid worldwide evolution in research on the analogues of juvenile hormones led us to review the biliography on the possibilities of practical utilization of this new method in the control, theoritically non polluted one.

After having expressed the general principles of control based on knowledge of mode of action of moulting hormone and juvenile hormone, the author recalls in the first place, the prin-

cipal physiological consequences observed in insects through the application of JHA (Juvenile Hormone Analogues). Further, he describes briefly and in chronological order, the important steps in evolution of research 1956 upto date. This permits him to compile a non-exhaustive list of different arthropods studied in laboratory or in fields to observe the effects of JHA.

In the third part, the analysis of principles of field application of these substances and in particular, in the control of phytophagous insects of important crops, stored grains insects, mosquitos, parasites of man and superior vertebrates.

The advantages and difficulties in adopting these new means of pest control are discussed in conclusions.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABDALLAH M. D., 1972. Juvenile hormone morphogenetic activity of sesquiterpenoids and non-sesquiterpenoids in last stage larvae of *Adoxophyes orana* (*Lepidoptera Tortricidae*). *Entomol. Exper. appl.* **15** (4), 411-416.

AKAI M., KOBAYASHI M., 1971. Induction of prolonged larval instar by the J. H. in *Bombyx mori* L. (Lep. *Bombycidae*). *Appl. Entomol. Zool.*, **6** (3), 138-139.

AYYAR K. S., RAO G. S. K., 1967. Studies in terpenoids IV (1) : Synthesis of (±) Juvabione and (±)— ar — juvabione (2). Conversion of turmerone to (+) — ar — Juvabione. *Tetrahedron Lett.*, **47**, 4677-4682.

BABU T. H., SLAMA K., 1972. Systemic activity of a JH analog *Dysdercus cingulatus* sanflower, ethyl pivaloly-L-alanyl-p-amino benzoated. *Science*, **175**, 4017, 78-79.

BAGLEY R. W., BAUERNFEIND J.-C., 1972. Field experiences with Juvenile Hormone mimics. In : *Insect Juvenile Hormones*, MENN et BEZORA Edit. Academic Press. 113-151.

BAUMANN G., 1969. Juvenile Hormone : effect on biomolecular Lipid membranes. *Nature*, **223**, 316-317.

BELL W. J., BARTH R. H., 1971. Initiation of yolk deposition by JH. *Nature*, **230** (15), 220-221.

BENSKIN J., VINSON S. B., 1973. Factors affecting Juvenile Hormone analogue activity in the tobacco budworm *Heliothis virescens*. *J. Econ. Ent.*, **66** (1), 15-20.

BENSKIN J., PERRON J.-M., 1973. Effects of an insect growth regulator with high juvenile hormone activity on the apterous form of the potato aphid *Macrosiphum euphorbiae* (*Hemiptera* : *Aphididae*). *Can. Entomol.*, **105** (4), 619-622.

BENZ G., 1970. The stimulation of oogenesis in *P. brassicae* by the Juvenile hormone derivative farnesenic acid ethyl ester. *Experientia*, **26** (9), 1012.

BHATNAGAR-THOMAS P. L., 1973. Control of insect pests of stored grains using a juvenile hormone analogue. *J. Econ. Entomol.*, **66** (1), 277-278.

BILIOTTI E., 1971. Tendances nouvelles pour la protection des plantes. *Bull. O. E. P. P.*, **1**, 7-16.

BOUNHIOL J-J., 1936. Métamorphose après ablation des *Corpora allata* chez le Ver à soie (*Bombyx mori*). *C. R. Acad. Sci.*, **203**, 388-389.

BOUNHIOL J.-J., 1938. Recherches expérimentales sur le déterminisme de la métamorphose chez les Lépidoptères. *Bull. Biol.* suppl., **24**, 1-199.

BOWERS W. S., THOMPSON M.-J., 1963. Juvenile Hormone activity : effects of isoprenoid and straight chain alcohol on Insects. *Science*, **142**, 1469-1470.

BOWERS W. S., THOMPSON M.-J., UEBEL E. C., 1965. Juvenile and gonadotropic hormone activity of 10, 11-epoxyfarnesenic acid methyl ester. *Life Sci.*, **4**, 2323-2331.

BOWERS W. S., FALES H. M., THOMPSON M. J., UEBEL E. C., 1966. Juvenile Hormone : Identification of an Active compound from Balsam Fir. *Science*, **154**, 1020-1021.

BOWERS W. S., 1968. Juvenile Hormone : Activity of Natural and Synthetic Synergists. *Science*, **161**, 895-897.

BOWERS W. S., BLICKENSTAFF C. C., 1966. Hormonal termination of diapause in the Alfalfa weevil. *Science*, **154**, 3757, 1673-1674.

BOWERS W. S., 1969. Juvenile Hormone : activity of aromatic terpenoid ethers. *Science*, **161**, 323-325.

BOWMAN M. C., WRIGHT J. E., BEROZA M., 1973. Determination of two Juvenile Hormone-active compounds and their stability in stable fly medium. *Stomoxys calcitrans*. *J. Econ. Entomol.*, **66** (2), 301-304.

BRANSBY-WILLIAMS W. R., 1971. JH activity of ethyl farnesoate dihydrochloride with the cotton stainer *Dysdercus cardinalis* GERST. *Bull. Entomol. Res.*, **61** (1), 41-47.

BRANSBY-WILLIAMS W. R., 1972. Activity of two juvenile hormone analogues with *Heliothis armigera* (HUBNER), *Sitophilus zeamais* MOTSHULSKY and *Ephestia cautella* WALKER. *East. afr. agric. For. J.* **38** (2), 170-174.

BRIEGER G., 1971. JH mimics : structure-activity relationships for *Oncopeltus fasciatus*. *J. Insect Physiol.*, **17** (11), 2085-2093.

BULL O. L., RIOGWAY R. L., BUXKEMPER W. E., SCHWARZ M., MCGOVERN T. P., SARMIENTO R., 1973. Effects of synthetic JH on certain injurious and beneficial Arthropods associated with cotton. *J. Econ. Ent.*, **66** (3), 623-626.

BULLOCK H. R., JACOBSON M., BEROZA M., BULL D. L., BULLOCK H. R., CHAMBERLAIN W. F., MCGOVERN T. P., REDFERN R. E., SARMIENTO R., SCHARWZ M., SONNET P. E., WAKABAYASHI N., WATERS R. M., WRIGHT J. E., 1972. Juvenile Hormone activity of a variety of structural types against several insect species. In : *Insect Juvenile Hormone.* MENN et BEROZA Edit., Academic Press, 249-302.

CERNY V., DOLEJS L., LABLER L., SORM F., SLÁMA K., 1967. Dehydrojuvabione — a new compound with JH activity from balsam fir. *Tetra. Lett.*, **12**, 1053-57.

CHABOUSSOU F., 1969. *Recherches sur les facteurs de pullulation des acariens phytophages de la Vigne à la suite des traitements pesticides du feuillage.* Thèse Fac. Sc., Paris, nº A03060.

CHAMBERLAIN W. F., HOPKINS O. E., SCHNARZ M., 1973. Cattle biting louse : Evaluation of compounds for JHA. II. Hormonal and toxic effects. *J. Econ. Ent.*, **66** (3), 703-706.

CHANG C. F., 1972. Giant cocoon formation in the silworm, *Bombyx mori* L. topically treated with methylenedioxy-phenylderivatives. *Agric. biol. Chem.*, **36** (4), 692-694.

CRUICKSHANK P. A., 1971. Insect JH. Analogues : Effects of some Terpenoid Amide Derivatives. *Bull. Org. Mond. Santé*, **44**, 395-396.

CRUICKSHANK P. A., PALMERE R. M., 1971. Terpenoid amines as insect J. Hormones. *Nature*, **233**, 5320, 488, 589.

DEFOSSEZ A., SCHALLER F., 1972. Inhibition de la métamorphose de l'appareil copulateur mâle de larves d'*Aeschna cyanea* MÜLL. (Insecte odonate) privées de leurs glandes de mue. *C. R. Acad. Sci.*, sér. D, **275** (9), 971-974.

DEFOSSEZ A., SCHALLER F., 1973. Inhibition de la métamorphose de l'appareil copulateur mâle des larves d'*Aeschna cyanea* MÜLL. (Insecte Odonate) par injection d'un mimétique de l'Hormone Juvénile. *C. R. Acad. Sci.*, Série D, **13**, 2051-2054.

DYTE C. E., 1972. Resistance to synthetic JH in a stain of the flour Beetle *Tribolium castaneum. Nature*, **238**, 5358, 48-49.

EMMERICH H., ZAHN A., SCHMIALEK P., 1965. Über die Aktivität einiger dehydrogenasen und transaminasen bei *Tenebrio molitor* unter dem Einfluss von Farnesylmethyläther. *J. Insect. Physiol.*, **11**, 1161-1168.

ENGELMANN F., 1971. Endocrine control of insect reproduction, a possible basis for insect control. *Acta phytopath. Acad. Sci. Hung.*, **6** (1-4), 211-217.

FERENZ H. J., 1973. Juvenile Hormone initiated sexual maturity in males of *Pterostichus nigrita* F. (Col. Carab.). *Experientia*, t. 29 (3), 356.

FISHER F. M., SANBORN R. C., 1962. Production of Insect Juvenile Hormone by the microsporidian Parasite *Nosema. Nature*, **194**, 1193.

GELBIC I., SEHNAL F., 1973. Effects of Juvenile Hormone mimics on the codling moth *Cydia pomonella* L. (Lép. *Olethreutidae*). *Bull. Entomol. Res.*, **63**, 1, 7-16.

GILBERT L. I., SCHNEIDERMAN H. A., 1958. Occurence of substances with Juvenile Hormone activity in adrenal cortex of vertebrates. *Science*, 128-844.

GILBERT L. I., SCHNEIDERMAN H. A., 1959. Prothoracic gland stimulation by Juvenile Hormone extracts of insects. *Nature, Lond.*, **184**, 171-173.

GILBERT L. I., SCHNEIDERMAN H. A., 1961. Some biological aspects of insect metamorphosis. *Amer. Zool.*, **1**, 11-51.

GUERRA A. A., WOLFENBARGER D. A., GARCIA R. D., 1973. Activity of Juvenile Hormone analogues against the tobacco budworm *Heliothis virescens* F. *J. Econ. Ent.*, **66** (4), 833-835.

HANTGARTNER W., PEYER B., MEIER W., 1971. Effects of a JH analogue on the apterous form of the bean aphid *Aphis fabae* SCOP. *Meded. Fac. Landbouw. Rijks. Univ., Gent.*, **36** (3), 866-873.

HENRICK C. A., STAAL G. B., SIDDAL G. B., 1973. Alkyl 3,6, 11-trimethyl-2,4-dodecadienoates, a new class of potent insect growth regulators with juvenile hormone activity. *J. Agric. Food. Chem.*, **21** (3), 354-59.

HRDY I., KRECEK J., 1972. Development of superfluous soldiers induced by JH analogues in the termite *Reticulitermes lucifugus santonensis. Insectes Soc.*, **19** (2), 105-109.

ITTYCHERIAH P. I., QURAISHI M. S., MARKS E. P., 1974. Effects of ecdysones, JHA and 6-oxooctanoic acid on the development of the mosquito *Culex tarsalis* (*Diptera* : *Culicidae*). *Can. Ent.*, **106**, 79-85.

JAROLIM V., HEJNO K., SEHNAL F., SORM F., 1969. Natural and synthetic materials with insect hormones activity 8. Juvenile activity of the farnesane type compounds on *Galleria mellonella. Life Sci.*, **8**, 831-41.

JOLY P.,.1968. *Endocrinologie des Insectes. Monographie.* Masson et Cie Édit., Paris, 344 p.

JOLY P., 1971. Les principales hormones actuellement reconnues chez les acridiens et leur nature. Coll. franco-tchécoslovaque sur les hormones des Insectes. Prague, 12-15 oct. 1970. *Arch. Zool. Exp. Gen.*, **112**, 667-678.

JOLY P., 1972. Les hormones des Insectes. *Recherche*, **3** (21), 213-222.

KARLSON P., SCHMIALEK P., 1959. Nachweiss der Exkretion von juvenilhormon. *Z. Naturforsh.*, **14** *b*, 821.

KOPÉC S., 1917. Experiments on metamorphosis of insects. *Bull. Int. Acad. Sci. Cracovie*, B, 57-60.

KOPÉC S., 1922. Studies on the necessity of the brain for the inception of insect metamorphosis. *Biol. Bull.*, **42**, 323-342.

LARSEN J. R., BODENSTEIN D., 1959. The humoral control of egg maturation in the Mosquito. *J. Exp. Zool.*, **140**, 343-382.

LAW J. H., YUAN C., WILLIAMS C. M., 1966. Synthesis of a material with high Juvenile Hormone activity. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, U. S. A., **55**, 576-578.

LECARRÉ A., 1972. Une nouvelle génération d'insecticides. *La Recherche*, **3**, 21, 221.

LECLANT F., 1973. Aspect écologique de la transmission de la Sharka (*Plum Pox*) dans le Sud-Est de la France. Mise en évidence de nouvelles espèces d'Aphides vectrices. *Ann. Phytopath.*, I. N. R. A., **5**, 431-439.

LLAN J., LLAN J., 1972. Regulation of messenger RNA translation mediated by Juvenile Hormone. In : *Insect Juvenile hormones*. Academic Press.

LÜSCHER M., 1972. Environmental control of JH secretion and caste differentiation in termites. *General and Comparative endocrinology*, suppl. 3, 509-514.

MASNER P., SLÁMA K., LANDA V., 1968. Sexually spread Insect sterility induced by the Analogues of Juvenile Hormone. *Nature*, **219**, 395-396.

MASNER P., ZDAREK J., SLÁMA K., LANDA V., 1970. Natural and synthetic materials with Insect Hormone activity. X. A method of sexually spread Insect sterility. *J. Econ. Ent.*, **63**, 706-710.

MAYER R. T., WADE A. D., SOLIMAN M. R. I., 1973. Juvenile Hormone analogs as *in vitro* inhibitors of rat liver microsomal oxidases. *J. Agric. Food., Chem.*, **21** (3), 360-362.

METWALLY M. M., LANDA V., 1972. Sterilization of the khapra beetle *Trogoderma granarium* EVERTS with JH analogues. *Z. angew. Entomol.*, **72** (1), 97-109.

METWALLY M. M., SEHNAL F., 1973. Effects of Juvenile Hormone analogues on the metamorphosis of beetles *Trogoderma granarium* (*Dermestidae*) and *Caryedon gonagra* (*Bruchidae*). *Bull. Biol.*, **144** (2), 368-382.

MEYER A. S., SCHNEIDERMAN H. A., GILBERT L. I., 1965. A highly purified preparation of JH from the silk moth *Hyalophora cecropia* L. *Nature*, **206**, 272-275.

MEYER A. S., SCHNEIDERMAN H. A., HANZMANN E., KO J. H., 1968. The two juvenile hormones from the crecopia silk moth. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, U. S. A., **60**, 853-60.

MEYER A. S., HANZMANN E., SCHEIDERMAN H. A., GILBERT L. I., BOYETTE M., 1970. The isolation and identification of the two J. Hormones from the Cecropia silk moth. *Arch. Biochem. Biophys.*, **137**, 190-213.

MOORE N. W., 1967. A synopsis of the pesticid problem. *Adv. ecol. Res.*, **4**, 75-129.

NASSAR S. G., STAAL G. B., ARMANIOUS N. I., 1973. Effects and control potential of insect growth regulators with juvenile hormone activity on the greenbug *Schizaphis graminum*. *J. Econ. Ent.*, **66** (4), 847-850.

NEMEC V., 1970. Natural and synthetic materials with insect hormone activity. VII. Juvenile activity of the farnesane type compounds on *Locusta migratoria* L. and *S. gregaria* FORSK. *Life Sci.*, **9** (4), 821-831.

NEMEC V., 1971. Effets de certains analogues de l'Hormone Juvénile sur deux espèces de criquets : *Locusta migratoria migratorioides* R. et L. et *Schistocerca gregaria* FORSK. Coll. franco-tchécoslovaque sur les hormones des Insectes. Prague 12-15 oct. 1970. *Arch. Zool. exp. gén.*, **112**, 511-517.

NILLES G. P., ZABIK M. J., CONNIN R. V., SCHUETZ R. D., 1973. Synthesis of bioactive compounds Juvenile Hormone mimetics affecting insect diapause *Oulema melanopus*. *J. agric. Food. Chem.*, **21** (3), 342-347.

NOVAK V. J. A., 1966. *Insect hormones*. 3e édition Methuen, London, 478 p.

NOVAK V. J. A., 1969. Morphogenetic analysis of the effect of JHA and other morphogenetically active substances on embryon of *Schistocerca gregaria* FORSK. *J. Embryol. et Exp. Morpho.*, **21**, 1-21.

NOVAK V. J. A., 1971. Historique et état actuel de la recherche des hormones d'insectes tenant spécialement compte des travaux Tchécoslovaques. Coll. franco-tchécoslovaque sur les hormones des Insectes. Prague, 12-15 octobre 1970. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, **112**, 519-551.

NOWOCK J., 1973. The effect of farnesyl ether on molting rythm and testes development in *Ephestia kühniella* WILHELM. *Roux' Arch.*, **172** (4), 303-316.

PALLOS F. M., MENN J.-J., 1972. Synthesis and activity of JHA. In : *Insect Juvenile Hormones*. MENN et BEROZA Edit., Academic Press, 303-316.

PAN M. L., WYATT G. R., 1971. Juvenile Hormone induces vitellogenin synthesis in the monarch butterfly *Danaus plexippus*. *Science*, **174**, 4008, 503-505.

PATTERSON J. W., 1973. The effect of the persistence of Juvenile Hormone mimics on their activity on *Rhodnius prolixus*. *J. Insect Physiol.*, **19** (8), 1631-1637.

PAWSON B. A., SCHEIDL F., VANE F., 1972. Environmental stability of Juvenile Hormone mimicking agents. In : *Insect Juvenile hormones.* MENN and BEROZA Edit., Academic Press, 191-214.

PIHAN J.-C., BAUTZ A. M., 1970. Utilisation des mimétiques de l'HJ comme agents tératogènes de la morphogenèse tégumentaire chez *Calliphora erythrocephala* MEIG. (Insecte, Diptère). *C. R. Acad. Sci.*, sér. D, **270**, (24) 2973-2976.

PLAPP F. W., Jr. BRADLEIGH VINSON S., 1973. Juvenile Hormone analogs : toxicity and cross-resistance in the housefly. *Pestic. Biochem. Physiol.*, **3** (2), 131-136.

POSSOMPES B., 1947. Les glandes endocrines post-cérébrales des Diptères. II. Étude sommaire des *Corpora allata* et des *Corpora cardiaca* chez la larve de *Tipula* sp. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **72**, 57-62.

POSSOMPES B., 1953. Recherches expérimentales sur le déterminisme de la métamorphose de *Calliphora erythrocephala* MEIG. *Arch. Zool. Exp. gén.*, **89**, 203-204.

PUNJA N., RUSCOE C. N. E., TREADGOLD C., 1973. Insect Juvenile Hormone mimics : a structural basis for activity. *Nature, new biol.*, **242** (116), 94-96.

REDDY G., KRISHNAKUMARAN A., 1973. Effects of diet on response to Juvenile Hormone in *Galleria mellonella* larvae. *Experientia*, **29** (5), 621-622.

RETNAKARAN A., 1973. Ovicidal effect in the white weevil *Pissodes strobi* (*Coleoptera Curculionidae*) of a synthetic analogue of Juvenile Hormone. *Can. Entomol.*, **105** (4), 591-594.

RICHMOND C. E., 1972. JH analogues tested on larvae of western spruce budworm *Choristoneura occidentalis*. *J. Econ. Entomol.*, **65** (4), 950-953.

RIDDIFORD L. M., 1970. Prevention of metamorphosis by exposure of insect eggs to JH analogs. *Science*, **167**, 3916, 287-288.

RIDDIFORD L. M., 1970. Effects of JH on the programming of postembryonic development in eggs of the silkworm *Hyalophora cecropia*. *Develop. Biol.*, **22** (2), 249-263.

RIDDIFORD L. M., 1972. Juvenile Hormone and Insect embryonic development : its potential role as an ovicide. In : *Insect Juvenile Hormone.* MENN et BEROZA Edit. Academic Press, 95-112.

RIDDIFORD L. M., 1972. Juvenile Hormone in relation to the larval pupal transformation of the cecropia silkworm. *Biol. Bull.*, **142** (2), 310-325.

RIDDIFORD L. M., AJAMI A. M., 1973. JH : its assay and effect on pupae of *Manduca sexta*. *J. Insect Physiol.*, **19** (4), 749-762.

RIDDIFORD L. M., WILLIAMS C. M., 1967. The effects of Juvenile Hormone analogues on the embryonic development of silkworms. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, U. S. A., **57**, 595-601.

ROHDENDORF E. B., SEHNAL F., 1973. Inhibition of reproduction and embryogenesis in the firebrat *Thermobia domestica* by Juvenile Hormone analogues. *J. Insect Physiol.*, **19** (1), 37-56.

RÖLLER H., BJERKE J. S., MCSHAN W. H., 1965. The juvenile hormone. I. Methods of purification and isolation. *J. Insect Physiol.*, **11**, 1185-1197.

RÖLLER H., DAHM K. H., SWEELY C. C., TROST B. M., 1967. The structure of the Juvenile Hormone. *Ang. Chem. Internat. Edit.*, **6**, 179-180.

ROMANUK M., 1971. Sélectivité de l'effet de certains analogues de l'Hormone Juvénile. Coll. franco-tchécoslovaque sur les hormones des Insectes, Prague 12-15 oct. 1970. *Arch. Zool. Exp. gén.*, **112**, 553-563.

SARMIENTO R., MCGOVERN T. P., BEROZA M., 1973. Insect Juvenile Hormones : highly potent synthetic mimics. *Science*, **179**, 4080, 1342-1343.

SAXENA K. N., WILLIAMS C. M., 1966. « Paper factor » as an inhibitor of the metamorphosis of the red cotton Bug *Dysdercus koenigii* F. *Nature*, **210**, 5034, 441-442.

SAZONOV A. P., REUTSKAJA O. E., 1972. Évaluation de l'activité biologique d'analogues de synthèse de l'Hormone Juvénile. Exemple : *Eurygaster integriceps*. *Khim. sel' skam. Khozjaz.*, **4**, 39-42.

SCHMIALEK P., 1961. Die Identifizierung zweier im Tenebriokot und in Hefe vor kommender Substanzen mit Juvenilhormonwirkung. *Z. Naturforsch.*, **16** *b*, 461-464.

SCHMIALEK P., 1963. Über Verbindungen mit Juvenilhormonwirkung. *Z. Naturforsh.* **18** *b*, 516-519.

SCHMIALEK P., 1963. Metamorphosehemmung von *Tenebrio molitor* durch Farnesylmethyläther. *Z. Naturforsch.*, **18** *b*, 513-515.

SCHMIALEK P., DREWS G., 1965. Wirkung von Farnesylmethyläther auf die Atmung von *Tenebrio molitor* PUPPEN. *Z. Naturforsch.*, **20** *b*, 214-215.

SCHMIALEK P., BOROWSKI M., GEYER A., MIOSCA V., NUNDEL M., ROSENBERG E., ZAPF B., 1973. The epidermis of the pupae of *Tenebrio molitor* L. as Target Organ for the Juvenile Hormone analogue 10, 11-Epoxy-6,7, trans-2,3-trans-farnesylpropenylether. *Z. Naturforsch*, **73** (28), 3-4.

SCHNEIDERMAN H. A., GILBERT L. I., 1958. Substances with Juvenile Hormone activity in *Crustacea* and other vertebrates. *Biol. Bull.*, **115**, 530-535.

SCHNEIDERMAN H. A., GILBERT L. I., WEINSTEIN M. J., 1960. Juvenile Hormone activity in microorganisms and plants. *Nature*, **188**, 1041-1042.

SCHNEIDERMAN H. A., KRISHANAKUMARAN A., KULKARNI V. G., FRIEDMAN L., 1965. Juvenile Hormone activity of structurally unrelated compounds. *J. Insect Physiol.*, **11**, 1641-49.

SCHNEIDERMAN H. A., 1971. The strategy of controlling insect pests with growth regulators. *Mitt. Ent. Ges.*, **44**, 141-149.

SCHNEIDERMAN H. A., 1972. Insect hormones and Insect control. In : *Insect Juvenile Hormones.* MENN et BEROZA Edit. Academic Press. 3-27.

SCHWARZ M., REDFERN R. E., WATERS R. M., WAKABAYASHI N., SONNET P. E., 1971. Compounds related to Juvenile Hormone. X. Activity of selected arylterpenoid compounds on *T. molitor* L. and *Oncopeltus fasciatus* DALLAS. *Life Sci.*, **2** (10), 19, 1125-1132.

SHAAYA E., SEKERIS C. E., 1970. The formation of protocatechnic acid-4-o beta-glucoside in *Periplaneta americana* and the possible role of the JH. *J. Insect Physiol.*, **16** (2), 323-330.

SKUHRAVY V., 1973. Field control of the larch case-bearer moth *Coleophora latricella* with a juvenoid. Lep. *Acta Entomol. behemoslov.*, **70** (5), 313-322.

SLÁMA K., 1962. The Juvenile Hormone like effect of fatty acids, fatty alcohols and some other compounds in insect metamorphosis. *Acta Soo. Entomol. Czech.*, **59**, 323-340.

SLÁMA K., 1964. The effect of hormone mimetic substances on the ovarian development and oxygen consumption in allatectomized adult females of *Pyrrhocoris apterus* L. (*Hemiptera*). *J. Insect. Physiol.*, **11**, 1121-1129.

SLÁMA K., 1965. Effects of hormones on growth and respiratory metabolism in the larvae of *Pyrrhocoris apterus* L. (*Hemiptera*). *J. Insect. Physiol.*, **11**, 113-122.

SLÁMA K., WILLIAMS C. M., 1965. Juvenile Hormone activity for the Bug *Pyrrhocoris apterus*. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, U. S. A., **54**, 411-414.

SLÁMA K., WILLIAMS C. M., 1966. The Juvenile Hormone. V. The sensibility of the bug *Pyrrhocoris apterus* to a hormonally active factor in American paper pulp. *Biol. Bull.*, **130**, 235-246.

SLÁMA K., SUCHY M., SORM F., 1968. Natural and synthetic materials with insect hormone activity. III Juvenile Hormone activity of derivatives of p-(1,5-dimethyl-hexyl) benzoic acid. *Biol. Bull.*, **134**, 154-159.

SLÁMA K., 1969. Plants as a source of materials with insect hormone activity. *Entomol. Exp. Appl.*, **12**, 721-728.

SLÁMA K., HEJNO K., JAROLIM V., SORM F., 1970. Natural and synthetic materials with insect hormone activity. V. Specific Juvenile Hormone effects in aliphatic sesquiterpenes. *Biol. Bull.*, **139**, 222-228.

SLÁMA K., 1971. Insect JH analogues. *Ann. Rev. Biochem.*, **40**, 1079-1102.

SOCHA R., GELBIC I., 1973. Stages in the differentiation of ovarian development in *Dixippus morosus* as revealed by the effects of juvenoids. *Plasmoidea. Acta Entomol. bohemoslov.*, **70** (5), 303-312.

SOCHA R., SEHNAL F., 1973. Inhibition of insect development by simultaneous action of prothoracic gland hormone and Juvenile Hormone. *Tenebrio molitor. J. Insect. Physiol.*, **19** (7), 1449-1453.

SONNET P. E., MILLS G. D. Jr., REDFERN R. E., 1973. Synergism of synthetic mixed isomers of Juvenile Hormone. *J. Econ. Ent.*, **66** (3), 793-794.

SPIELMAN A., WILLIAMS C. M., 1966. Lethal effects of synthetic Juvenile Hormone on larvae of the yellow fever Mosquito *Aedes aegypti. Science*, **154**, 1043-1044.

STAAL G. B., 1972. Biological activity and bioassay of Juvenile Hormone analogs. In : *Insect Juvenile Hormones.* MENN et BEROZA Edit. Academic Press., 69-94.

STAAL G. B., NASSAR S., MARTIN J. W., 1973. Control of the citrus mealybug with insect growth regulators Juvenile Hormone activity *Planococcus citri. J. Econ. Entomol.*, **66** (4), 851-853.

STOCKEL J., 1974. Premiers travaux effectués sur les régulateurs de croissance appliqués en tant qu'insecticides contre deux insectes des céréales entreposées : *Sitotroga cerealella* OLIV. (Lep. *Gelechiidae*) et *Sitophilus granarius* L. (Col. *Curculionidae*) (sous presse).

TAMAKI G., 1973. Insect developmental inhibitors : effect of reduction and delay caused by JH mimics on the production of winged migrants of *Myzus persicae* (*Hemiptera* : *Aphididae*) on peach trees. *Can. Ent.*, **105**, 761-765.

THOMAS P. J., BHATNAGAR-THOMAS P. L., 1968. Use of a JH analogue as insecticide for pests of stored grains. *Nature*, London, **219**, 949.

TRUMAN J. W., RIDDIFORD L. M., SAFRANEK L., 1973. Hormonal control of cuticle coloration in the tobacco hornworm *Manduca sexta* : basis of an ultrasensitive bioassay for Juvenile Hormone. *J. Insect Physiol.*, **19** (1), 195-203.

VAN DE VEIRE M., DELOOF A., 1973. Effects of synthetic cecropia JH and of a mimic substance, applied to different stages of the cabbage Maggot, *Hylemyia brassicae. Ent. Exp. appl.*, **16**, 491-498.

VARJAS L., 1971. The effective dosis of Juvenile Hormone analogues from the point of view of insect control. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, **6** (1-4), 219-227.

VARJAS L., SEHNAL F., 1973. Use of Juvenile Hormone analogue against the fall webworm *Hyphantria cunea. Entomol. exp. appl.*, **16** (1), 115-122.

VINSON J. W., WILLIAMS C. M., 1967. Lethal effects of synthetic Juvenile Hormone on the human body louse. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, U. S. A., **58**, 294.

VOGEL W., HOMBERGER E., 1969. Tests with JH and some derivatives on Noxious insects. *Proc. XII Int. Cong. Entomol.*, Moscou, 1968, **1**, 457-58.

VOGEL W., 1971. Possibility for the application of JH derivatives in Insect control. Experiences in the laboratory and in the field. *Second Int. Cong. Pesticide Chemistry, Tel Aviv.*

WAKABAYASHI N., 1969. Compounds related to insect Juvenile Hormone. *J. Med Chem.*, **12**, 191-192. *R. A. E.*, 1969, **57**, 716.

WALKER W. F., BOWERS W. S., 1970. Synthetic Juvenile Hormones as potential coleopteran ovicides. *J. Econ. Entomol.*, **63**, 1231-33.

WALKER W. F., 1973. Mexican bean bettle : compounds with Juvenile Hormone activity (juvegens) as potential control agents ; *Epilachna varivestis*. *J. Econ. Entomol.*, **66** (1), 30-33.

WELLINGTON W. G., MAELZER D. A., 1967. Effects of farnesyl methylether on the reproduction of the western tent caterpilar *Malacosoma pluviale* : Some physiological, écological and practical implication. *Can. Entomol.*, **99**, 249-263.

WELLINGTON W. G., 1969. Effect of three hormonal mimics on mortality metamorphosis and reproduction of the western tent caterpillar *Malacosoma californicum pluviale*. *Canad. Ent.*, **101** (11), 1163-1172.

WIGGLESWORTH V. B., 1934. The physiology of ecdysis in *Rhodnius prolixus*. II. Factors controlling moulting and « metamorphosis ». *Quart. J. Micr. Sci.*, **77**, 191-222.

WIGGLESWORTH V. B., 1961. Some observations on the Juvenile Hormone effect of farnesol in *Rhodnius prolixus* STAL. (*Hemiptera*). *J. Insect Physiol.*, **7**, 73-78.

WIGGLESWORTH V. B., 1963. The Juvenile Hormone effect of farnesol and some related compounds : quantitative experiments. *J. Insect. Physiol.*, **9**, 105-119.

WIGGLESWORTH V. B., 1973. Assays on *Rhodnius* for Juvenile Hormone activity. *J. Insect Physiol.*, **19** (1), 205-211.

WILDE J. de, 1971. The present status of hormonal insect control. *E. P. P. O., Bull.*, **1**, 17-23.

WILKINSON J. D., IGNOFFO C. M., 1973. Activity of a Juvenile Hormone analogue on a parasitoid *Apanteles rubecula* via its host *Pieris rapae*. *J. Econ. Ent.*, **66** (3), 643-645.

WILLIAMS C. M., 1946 Physiology of insect diapause. I. The role of brain in the production and termination of pupal dormancy in giant silkworm *Platysamia cecropia*. *Biol. Bull.*, **90**, 234-243.

WILLIAMS C. M., 1956. The Juvenile Hormone in insects. *Nature*, **178**, 212.

WILLIAMS C M., MOORHEAD L. V., PULIS J. F., 1959. Juvenile Hormone in thymus, human placenta and other mamalian organs. *Nature*, **183**, 405.

WILLIAMS C. M., SLÁMA K., 1966. The Juvenile Hormone. VI. Effects of the « paper factor » on the growth and metamorphosis of the bug *Pyrrhocoris apterus*. *Biol. Bull.*, **130**, 247-253.

WILLIAMS C. M., 1967. Third generation pesticides. *Sci. Amer.*, **217**, 13-17.

WILLIAMS C. M., KAFATOS F. C., 1972. Theorical aspects of the action of Juvenile Hormone. In : *Insect Juvenile Hormones*. MENN et BEROZA Edit., Academic Press., 29-42.

WRIGHT J. E., SPATES G. E., 1972. A new approach in integrated control. Insect Juvenile Hormone plus a Hymenopteran Parasite against the stable Fly. *Science*, **178**, 1292-1295.

WRIGHT J. E., SCHWARZ M., 1972. Juvenilizing activity of compounds related to the JH against pupae of the stable fly. *J. Econ. Entomol.*, **65** (6), 1644-1647.

WRIGHT J. E., CAMPBELL J. B., HESTER P., 1973. Hormones for control of livestok arthropods : evaluation of two Juvenile Hormone analogues applied to breeding materials in small plot tests in Nebraska and Florida for control of the stable fly *Stomoxys calcitrans*. *Environ. Entomol.*, **2** (1), 69-72.

WRIGHT J. E., BOWMAN M. C., 1973. Determination of the JH active compound Altosid and its stability in stable fly medium. *J. Econ. Ent.*, **66** (3), 707-709.

ZAORAL M., SLÁMA K., 1970. Peptides with JH activity. *Science*, **170**, 3953, 92-93.

ZDAREK J., SLÁMA K., 1968. Mating activity in adultoids or supernumary larvae induced by agents with high JH activity. *J. Insect Physiol.*, **14** (4), 563-567. *R. A. E.*, 1968, **56**, 596.

ADDENDUM

COUTURIER G., 1973. Perspectives d'utilisation des phéromones et hormones intervenant dans la croissance des insectes, dans la lutte contre les ravageurs. Diplôme ronéotypé ORSTOM, Bondy (France) 30 p.

DUNN R. L., STRONG F. E., 1973. Control of catch-basin mosquitoes using Zoecon ZR 515 formulated in a slow release polymer. A preliminary report. *Mosq. News*, 33, 1, 110-111.

HERVÉ J.-P., 1972. Les hormones chez les Insectes : leur utilisation dans la lutte contre les insectes d'intérêt médical. Diplôme ronéotypé ORSTOM, Bondy (France), 66 p.

LHOSTE J., RAUCH F., 1972. Contribution à la connaissance des effets de l'hormone juvénile sur *Tenebrio molitor* L. *Rev. Zool. Agri. Path. Veg.*, 109-117.

STRONG F. E., 1973. Juvenile hormone analogs. Third generation pesticides? In Symposium on Biting fly control and environmental quality. SC., Hudson Ed.

Avant de mettre sous presse, nous tenons à signaler, en ce qui concerne les applications des régulateurs de croissance sur les moustiques, la contribution non négligeable de Chercheurs français. Citons notamment les travaux en cours, au laboratoire et sur le terrain, de J. RAGEAU à l'ORSTOM et de G. SINÈGRE à l'EID de Montpellier (communications personnelles) sur *Culex* sp. et *Aedes* sp. à l'aide de l'Altosid (Zoëcon). D'après des résultats préliminaires cette substance présenterait une efficacité intéressante contre ces diptères et en particulier empêchant pendant une année la nymphose de *Culiseta annulata* SCHRANK.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1975, 7 (1), 119-136.

MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE

IMPORTANCE DES MÉTHODES EXPÉRIMENTALES DANS LES ÉTUDES DES RELATIONS PLANTES-INSECTES

J. P. MOREAU et R. T. GAHUKAR

Station de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A.,
78000 Versailles

RÉSUMÉ

Dans la plupart des études des relations plantes-insectes, les méthodes expérimentales ont beaucoup d'importance.

Le milieu, soit naturel, modifié ou non, soit artificiel, ménagé par le chercheur (par exemple le changement de température, la photopériode, etc.) modifie la réaction des insectes et crée ainsi des difficultés dans l'étude des ravageurs.

La plante-hôte est exposée aux facteurs du milieu : climatique, nutritionnel, biologique, chimique, etc., et les modifications qui en résultent ont des effets sur les phytophages eux-mêmes.

Lorsque l'on étudie le comportement et le développement d'un insecte, on conditionne volontairement ou non les plantes utilisées, et on modifie ainsi l'équilibre que précisément on désirait étudier. Il faudra évidemment en tenir compte dans l'interprétation des résultats obtenus.

L'étude des phénomènes physiologiques et éthologiques demande de plus en plus l'utilisation de techniques analytiques (biophysiques, biochimiques, éléments radioactifs, milieux artificiels, etc.). L'interprétation écologique qui en découle doit avoir une application pratique.

En effet, les résultats obtenus par les « Éconutritionnistes » peuvent servir non seulement à mieux connaître la physiologie des insectes, mais aussi à guider vers des solutions rationnelles les chercheurs qui veulent réduire les populations de ravageurs, en faisant appel à la lutte intégrée.

Les relations entre les insectes et leurs plantes-hôtes doivent être bien comprises des Entomologistes, afin de mettre au point des méthodes de lutte économiques, à la fois pratiques et efficaces. Certes, notre attention est centrée sur les insectes eux-mêmes, mais nous devons connaître les différents moyens d'action contre tous les ennemis des végétaux. L'importance de la préservation des ressources naturelles, des surfaces exploitées et de celles qui ne le sont pas actuellement, ne doit pas nous échapper (Dorst, 1965 ; Van Emden, 1965).

La diversité des méthodes expérimentales nous conduit à étudier plusieurs aspects physiologiques et biologiques d'un insecte et en même temps nous permet d'accéder à la lutte intégrée (ASHRAFF, 1969 ; BILIOTTI, 1972 ; HANSON, 1972). On doit établir, chaque fois que possible, un programme d'étude applicable à une grande échelle dans la pratique (KOGAN et LUCKMANN, 1971).

Le but de cet exposé est d'esquisser une réflexion très générale et de fournir un ensemble varié de références bibliographiques. Quelques exemples vont montrer que l'on ne devrait tirer de conclusions solides que lorsque les méthodes sont bien définies et les résultats reproductibles ou explicables dans leur variabilité. Les aspects statistiques ne seront pas traités à cause de l'importance secondaire qu'ils présentent dans les techniques expérimentales elles-mêmes, intervenant surtout au début (élaboration) et à la fin (interprétation) de chaque programme.

I. — L'INFLUENCE DES FACTEURS DU MILIEU SUR LES RAVAGEURS PHYTOPHAGES

L'implantation des insectes et leurs dégâts sont étroitement liés aux conditions climatiques (LEES, 1953 ; TRIPLEHORN, 1959 ; BONGERS, 1965 ; WIDSTROM, MCMILLIAN et WISEMAN, 1970 ; HUDON, 1971), aux méthodes culturales (PEPPER, 1943 ; FURR et PERIMMER, 1968 ; ROBINSON, YOUNG et MORRISON, 1972 ; TURIN, 1972 ; WILSON, HUGUES et GILBERT, 1972), parfois simplement aux déplacements locaux de l'eau et de l'air (FYE, 1968).

Les effets de la température sur l'activité, la nutrition, la croissance et le développement dans les relations plantes-insectes sont bien étudiés (SINGH et PAINTER, 1964 ; COBB et BASS, 1968 ; ECKENRODE et CHAPMAN, 1971 ; WOOD et STARKS, 1972). FYE et SURBER (1971) ont montré l'effet cumulatif de la température et de l'humidité sur les lépidoptères. La variation de la température ou de l'humidité aux environs de la limite optimale peut affecter l'activité des criquets (UVAROV, 1966 ; MULKERN, 1967).

Les effets de la photopériode sur la reproduction, la physiologie et la nourriture ont été étudiés eux aussi chez un certain nombre d'insectes (KENTEN, 1955 ; DIKSON, LAIRD et JOHNSON, 1958 ; HINTZ, 1966 ; LE BERRE et LENOIR, 1969 ; VILLACORTA, 1971 ; SCHANK et MANGLITZ, 1972 ; YOUNG, 1972). La diapause peut apparaître ou non, selon la capacité génétique à réagir à une photopériode critique qui peut être un facteur décisif de la constitution de biotypes géographiques (MULLER, 1960). Pour le choix de la température d'un élevage d'*Autographa gamma* il faut prendre en considération à la fois la nourriture et la photopériode afin d'obtenir de bons résultats (CAYROL, 1962). Il faut donc être attentif aux corrélations pouvant exister entre tous les facteurs. Une limite précise de température peut ne pas être favorable, sous une photopériode et une humidité données et il est parfois utile d'avoir recours à des variations des conditions expérimentales.

Il est possible que l'écologiste rencontre dès le départ des difficultés dans le comptage des populations naturelles d'insectes. ABUL-NASH, EL-SHERIF et NAGUIB, 1971, ont montré que le tamisage du sol était préférable au ratissage pour évaluer la population de chrysalides de *Spodoptera littoralis*. Le lavage a été jugé supérieur aux méthodes d'irritation ou de frappage pour enlever les thrips des roses et estimer la population de ces ravageurs (OTA, 1968). ALLEN, GONZALEZ et GOKHALE (1972) ont proposé une méthode d'échantillonnage particulière pour *Heliothis zea*.

En plus, certaines irrégularités expérimentales sont créées par des facteurs du milieu qui peuvent être l'irrigation, la fertilisation, la défoliation, la valeur nutritive de la plante-hôte, la présence de prédateurs, etc. et il en résulte souvent des différences entre la première estimation et le nombre réel d'insectes à retenir dans chaque cas.

L'interprétation et l'explication des résultats peuvent être différentes selon les méthodes

et les conditions d'expérimentation. *Rhopalosiphonimus latysiphon* ne tolère pas une température élevée ainsi que l'énergie solaire auxquelles il serait exposé s'il vivait à l'air libre. Ce puceron préfère un environnement humide, et c'est probablement pour ces raisons qu'il se confine sous la terre (GIBSON, 1972).

L'étude de la dynamique des populations en relation avec l'environnement (CLARK *et al.*, 1967 ; BERTRAN, FABRE et JOURDHEUIL, 1970 ; CHIANG et HODSON, 1972 ; FRYE, 1972 ; SHANKS et FINNIGAN, 1972) donne une importante information afin d'entreprendre la lutte selon le niveau atteint et ses conséquences économiques, les prédateurs, une compétition *intra* ou *inter* spécifique, la résistance naturelle de la plante-hôte, la présence de champignons entomophages, la mortalité des insectes pour des raisons inconnues, le microclimat et toutes choses qui influent sur la population (EICHHORN, 1968 ; DANIELS et JACKSON, 1968 ; MANGLITZ et CORZ, 1968 ; CANNON, 1970 ; DAJOZ, 1971).

Le changement des techniques culturales (ANONYME, 1967), la distribution géographique (JOHNSON, 1967 ; CATLING, 1970), la qualité de l'alimentation (BOMBOSCH, 1972), la couleur (LELEJI, 1973) ont aussi leur importance. Une augmentation de la population peut être reliée aux caractères génétiques (CHIANG, 1972).

La nutrition d'un insecte est directement reliée à la plante-hôte et depuis les réactions de « préférence ou non-préférence », de « tolérance » de la part du végétal en passant par la croissance et le développement des différents stades jusqu'aux phénomènes de reproduction en fonction des variations des besoins nutritifs (HOUSE, 1955 ; 1961 ; 1969 ; SCHOONHOVEN, 1969 ; HAMALAINEN et MARKKULA, 1972 ; HASSANEIN, 1972). Récemment, DADD (1973) a publié une mise au point bien documentée sur la nutrition des insectes, à laquelle on peut se reporter.

Généralement, les phytophages sont attirés par la couleur verte comme par la jaune, lorsqu'ils cherchent leurs plantes-hôtes (NOLTE, 1959 ; LELEJI, 1973). Le choix d'une plante peut être conditionné par une adaptation spécifique à la couleur (MOERICKE, 1969).

L'addition de 10-20 p. 100 soit d'ananas macéré, soit de vermiculite autoclavée, à un milieu artificiel à base de carottes, augmente le pourcentage de pupaison chez les larves âgées de *Dacus dorsalis*. Les œufs éclosent normalement même si le pH varie de 3,65 à 8,20. Une corrélation négative significative existe entre la reprise de pupaison et la translucidité des fruits (MACION *et al.*, 1968). On voit que dans ce cas, la plante-hôte intervient aussi bien d'un point de vue chimique (composition) que physique (perméabilité à la lumière).

Certes, l'assimilation de la nourriture dans le système digestif diffère selon la plante-hôte (RODRIGUEZ, 1960 ; METHA et SAXENA, 1973) ; chez les larves de *Prodenia eridiana* qui se sont nourries sur différentes plantes-hôtes, la digestibilité et le coefficient d'utilisation varient de 36 à 76 p. 100 et de 16 à 56 p. 100 respectivement (SOOHOO et FRAENKEL, 1966). Les besoins en différents nutriments ont une part très importante dans le comportement alimentaire et influent sur le type du dégât par le biais des stades ravageurs, parfois même en relation avec d'autres organismes (FRIEND, 1958 ; CHIANG, 1964 ; KOGAN, 1971 ; MITTLER, 1972). A ce propos, les données sur la transmission de maladies par les acariens et les insectes ont plusieurs fois fait l'objet de mises au point (CARTER, 1962 ; MILES, 1968 ; OLDFIELD, 1970).

Les facteurs nutritionnels peuvent modifier la résistance des plantes aux insectes (BECK, 1965), des insectes aux insecticides (GORDON, 1961), et aussi la détermination du sexe (MITTLER et SUTHERLAND, 1969 ; DIETZ, 1972).

La présence de plus grandes quantités d'acides aminés dans le miellat produit par les pucerons se nourrissant sur des pommiers déjà attaqués par d'autres insectes, indique une interaction alimentaire entre espèces utilisant une même plante-hôte ; par exemple, les colonies d'*Anuraphis devecta* sont bénéfiques aux groupes d'*Aphis fabae* (FORREST, 1971). De même la présence de galles de *Phylloxera* sur Pacanier et Noyer d'Amérique rend ces plantes plus attractives à *Popillia japonica* (PAYNE et SCHWARTZ, 1971). Les résultats d'interdépendance nutritionnelle entre les espèces en symbiose ont été souvent exposés (HAGEN et TASSEN, 1972 ; PANT et DANG, 1972 ; PELEG et MORRIS, 1972).

Si l'insecte se trouve directement soumis au milieu, il en est de même pour le végétal qui le porte. Il nous faudra donc tenter de séparer les conséquences indirectes des variations du milieu au travers de la plante-hôte.

II. — L'INFLUENCE DES FACTEURS DU MILIEU SUR LA PLANTE-HÔTE

L'expérimentateur cherche généralement à fournir des conditions favorables à l'insecte, en négligeant, volontairement ou non, les exigences de la plante-hôte qui le supporte. A ce propos, il lui faudra se méfier de ne pas faire apparaître un ravageur » secondaire » profitant d'une plante affaiblie, comme aussi drastique qu'un nuisible « primaire ».

HAND et KEASTER (1967) en utilisant des cages grillagées, ont montré la répercussion de la modification apportée sur l'évolution des insectes. Par ailleurs, les plantes qui poussent en conditions artificielles peuvent, au niveau des cuticules et des cires superficielles, différer de celles de la même variété cultivée en plein champ. Malheureusement, l'effet d'un milieu contrôlé et l'influence de la nutrition sur le développement des cuticules n'ont pas été beaucoup étudiés jusqu'à maintenant (MARTIN et JUNIPER, 1970).

La sélection des plantes-hôtes par un insecte phytophage dépend de plusieurs facteurs. De ce point de vue, la résistance des plantes aux insectes est souvent bien étudiée (PAINTER, 1951 ; BECK, 1956 ; 1965 ; AUCLAIR, 1958 ; WEGOREK et KRYMANSKA, 1968 ; KLEIN et HARPAZ, 1969). La résistance peut être due soit aux caractères héréditaires, soit aux changements acquis, par exemple les caractères morphologiques, les modifications physiologiques, l'action de substances diverses comme celles qui retardent la croissance (SMITH, 1968 ; AGARWAL, 1969 ; CANNON-1970 ; OATMAN et VOTH, 1972).

Les facteurs du milieu influent sur les métabolites (régulateurs endogènes) qui contrôlent le développement des plantes (MOORE, WILLIAMS et OHIA JOYCE, 1966 ; ZEEVART, 1966 ; SMITH et GUTTRIDGE, 1971). Les températures basses induisent plusieurs processus remarquables. La durée de l'éclairement contrôle le début de la dormance des végétaux ligneux et la formation des fleurs chez beaucoup d'espèces herbacées. Donc, une prolongation artificielle de la dormance peut faire espérer une lutte efficace contre certains insectes (EIDT et LITTLE, 1968). Les pratiques culturales après la récolte peuvent affecter l'enracinement des nouvelles cultures (KING et BEARD, 1972). Également, la radiation, la durée du jour et la température influent sur le développement des plantes ainsi que sur leur qualité, par exemple, les teneurs en vitamines, sucres, la couleur, etc. (HARDH et HARDH, 1972). Le micro-environnement a aussi un rôle très important dans l'activation et l'initiation de la croissance des plantes (BENACCHIO et BLAIR, 1972) ; on doit donc prendre en considération les facteurs du sol tels que sa température, sa composition, etc.

La température appliquée à la plante-hôte influe la préférence des insectes qui s'en nourrissent. Ainsi la survie et la reproduction de *Therioaphis trifolii* (= *maculata*) sont différentes à température élevée et à température basse sur les plantes résistantes comme sur les plantes sensibles (HACKEROFF et HARVEY, 1959).

La composition de la plante-hôte varie selon sa nutrition (GREENWAY et GUNN, 1966 ; SINGH, 1970 ; RUNGE, 1971). C'est ainsi que la sélection de la plante-hôte par les insectes dépend, sans doute, des macroéléments qu'elle reçoit (EL-TIGANI et EL-AMIN, 1962 ; CONNOLA et WIXSON, 1963 ; MOREAU, 1964 ; CIBULA *et al.*, 1967 ; AKESON, BELAND et MANGLITZ, 1969 ; HARREWIJN, 1970 ; GENTRY et STRITZ, 1972) ; mais aussi, des changements dans la qualité et la quantité de certaines substances selon les conditions de culture et de milieu (VAN EMDEN, 1966 ; WOODRIDGE et HARRISON, 1968 ; HOUSE, 1969).

Beaucoup d'informations utiles peuvent être relevées dans des travaux menés dans d'autres

domaines, par exemple, les facteurs de distorsion du goût étudiés déjà par HOOPER (1886-87) ont été repris par EISNER et HALPERN qui ont fait une revue bibliographique à ce sujet (1971).

Une fumure azotée peut se révéler défavorable en augmentant la sensibilité des feuilles à certains ravageurs et champignons (DANIELS, WILSON et CLARKE, 1968 ; ANONYME, 1972). La longévité de *Tetranychus telarius* élevé sur les feuilles ayant reçu de l'azote s'est montrée plus grande (STORMS, 1969). Cependant, les acariens prédateurs éliminent 19,7 p. 100 de *Diabrotica longicornis* et *D. virgifera* en conditions naturelles, et 63 p. 100 quand un engrais a été appliqué dans les champs, et dans ce cas, la fertilisation peut améliorer la lutte biologique (CHIANG, 1970).

En modernisant l'agriculture, spécialement par l'usage des engrais potassiques, on réduit la teneur de magnésium dans le sol. Les herbes qui poussent sur ce terrain présentent également une déficience en magnésium, et les animaux qui s'en nourrissent manifestent une carence grave (LONG *et al.*, 1972). Ceci nous montre que la modification des plantes-hôtes doit être considérée, en fonction des méthodes culturales qui changent l'environnement (SINGH, 1970 ; ANONYME, 1972). On a étudié de nombreux cas de malnutrition et de carences chez les mammifères herbivores, il serait bon de faire des études semblables chez les insectes.

Les modifications physiologiques et biochimiques des plantes à cause des traitements pesticides peuvent influer le développement des ravageurs qui s'en nourrissent, par exemple, le D.D.T., le parathion et le carbaryl favorisent le développement des acariens, *Panonychus ulmi*, *Eotetranychus carpini* (= *vitis*), *Tetranychus urticae* sur la vigne (CHABOUSSOU, 1969). GALL et DOGGER (1967) ont confirmé en serre les observations selon lesquelles le 2,4-D a un effet indirect sur les larves de *Cephus cinctus*. Également, des traitements herbicides diminuent le taux de calcium dans les feuilles et peuvent avoir des répercussions sur les phytophages (MCCLURG et BERGMAN, 1972).

L'insecte modifie la plante dont il se nourrit. Récemment, GREEN et RYAN (1972) ont montré que les dégâts causés par *Leptinotarsa decemlineata* sur Pomme de terre et Tomate changent la composition des protéines dans les feuilles. Une accumulation rapide de ces nouvelles protéines agit comme inhibiteur de la fonction digestive chez les animaux. Ceci pourrait être un mécanisme de défense des plantes qui devrait intéresser les spécialistes de la lutte intégrée.

Les essais sur le terrain de COSTER et VITE (1972) ont confirmé des études faites avec la technique de chromatographie en phase gazeuse et ont montré que l'attractivité maximum des femelles accouplées et non accouplées de *Dendroctonus frontalis* a lieu 24-48 heures après l'attaque de l'arbre par ces insectes ; ce fait indique une relation entre plante-hôte et phéromones.

L'aspect chemosensoriel de la perception de nourriture chez l'insecte s'est montré important pour le choix de l'aliment (JERMY, HENSON et DETHIER, 1968 ; SCHOONHOVEN, 1967 ; HSIAO, 1969). Selon WEL-CHUN (1969), les propriétés sensorielles et comportementales de *Pieris brassicae* sont la résultante de l'interaction très forte de l'insecte et de la plante-hôte pendant l'évolution. Il est possible que les chemorécepteurs sensibles à ces substances aient évolué chez le polyphage sur les mêmes schémas de synthèse de ces substances, que chez les plantes où elles interviennent comme un mécanisme de défense. Parfois, ces substances prises avec la nourriture sont accumulées par l'insecte dans des glandes et utilisées comme une protection contre les oiseaux (BROWER *et al.*, 1968). Une relation sensiblement parallèle a pu être établie entre les alcaloïdes de *Senecio* et ceux de *Callimorpha jacobaea* qui s'en nourrit (APLIN, BENN et ROTHSCHILD, 1969). Ainsi, ces analogues d'hormones associent les plantes-hôtes et les insectes de la même façon que d'autres facteurs comme les nutriments et les produits toxiques. De plus les plantes ayant ces analogues d'hormones sont résistantes à de nombreuses espèces d'insectes (VAN OVERBEEK, 1966 ; SLAMA, 1969). Rappelons que les chemorécepteurs se rencontrent non seulement au niveau de l'alimentation, mais aussi de l'oviposition de l'Insecte (ROBERT, 1970), ce qui nous fait comprendre les rôles multiples que peuvent jouer ces substances. Rappelons aussi que les techniques basées sur la stérilisation des mâles utilisent bien entendu les chemostérilisants, mais aussi les attractifs sexuels (RAHN, 1970 ; LAW et REGNIER, 1971).

L'importance des substances secondaires apparaît dans les techniques modernes de lutte contre les ravageurs (FRAENKEL, 1969). De même, l'utilisation des substances attractives (THORSTEINSON, 1960 ; LIPA, 1972), répulsives (GUPTA et THORSTEINSON, 1960 ; JACOBSON, 1966) et de celles annulant ou réduisant la prise de nourriture, dissuadantes, inhibantes, etc. (HEGDEKAR, 1970 ; DIMETRY et MANSON, 1971 ; JERMY, 1971), est devenue pratique courante pour réduire les populations.

L'observation cède vite le pas à l'expérimentation. La plante-hôte n'est pas toujours étudiée au champ. Le conditionnement qui lui est imposé peut modifier ses caractéristiques.

III. — LES CONDITIONNEMENTS EXPÉRIMENTAUX DE LA PLANTE-HÔTE

Souvent, au laboratoire, on fait pousser des plantes dans des pots, sous un éclairage artificiel, et l'on place des cages sur les plantes. De plus, le conditionnement expérimental peut varier selon les éléments de l'environnement biologique et chimique, les maladies, la nutrition, l'âge de la plante-hôte, etc.

ABERNATHY et THURSTON (1969) ont suggéré d'attendre jusqu'à la maturité de la plante afin de faire les tests sur la résistance des espèces et des variétés de *Nicotiana* à *Myzus persicae*, car les plantules se montrent plus résistantes que les pétioles ou les tiges (KINDLER et STAPLES, 1969). Le développement des chenilles d'*Amathes C-nigrum* n'est pas le même selon la température à laquelle le plantain qu'elles mangent a poussé (BRUNNARIUS, communication personnelle).

DE WILDE (1958) a étudié les activités de recherche, d'acceptation ou du refus de la plante chez *L. decemlineata* et a distingué cinq comportements (1) la perception de la plante-hôte, (2) l'essai de morsure, (3) la prise de nourriture, (4) l'ingestion continue, (5) l'arrêt de l'ingestion. Dans les expériences comparant des espèces ou des variétés, une importante différence existe selon que les insectes ont la possibilité ou non de choisir la plante qu'ils consomment. Il est important de comparer une réponse en conditions naturelles au champ avec une infestation artificielle afin de distinguer la non préférence de l'antibiosis. En effet, les résultats peuvent être différents selon la compétition entre les plantes-hôtes (PAINTER, 1951, BAILEY, MAXWELL et JENKINS, 1967).

L'importance des populations varie selon les plantes-hôtes, quelques-unes étant plus favorables pour le développement d'une espèce, indépendamment de la population totale ; c'est le cas pour *B. brassicae* (HOVANITZ et CHANG, 1965). *Oscinella pusilla* ne peut se développer sur les épis des Céréales, tandis que l'espèce voisine *O. frit*, le fait sur ceux de l'Orge et de l'Avoine, mais pas sur ceux de Blé (CHEVIN *et al.*, 1971). La plante influence la fécondité des insectes phytophages, ainsi que l'a montré GRISON (1958). MOREAU (1967) a observé que dans le cas d'*Oscinella*, la présence de la plante affecte non seulement l'oviposition, mais aussi l'accouplement. Il est possible aussi que la reproduction puisse être stimulée par une plante ou certaines parties d'une plante, mais que les œufs soient déposés sur un autre végétal. Le changement de la variété ou de l'espèce-hôte avec les générations d'un insecte et aussi les modifications physiologiques du végétal dues à l'environnement ont un effet important sur le taux de survie et à la multiplication d'un insecte.

L'attaque du phloème par certains insectes est un aspect très intéressant déjà précisé par des études histologiques (ROBERTS, 1940 ; DAY, IRZYKIEWICZ et MCKINNON, 1952 ; DIEHL et CHATTERS, 1958 ; CARLE et MOUTOUS, 1970 ; KELLER *et al.*, 1970 ; WHITCOMB et DAVIS, 1970). POLLARD (1973) a récemment fait une excellente étude bibliographique sur les piqûres d'Aphides. Le puceron *Rhopalosiphum padi* ne semble pas guidé vers le liber qu'il atteint généralement au hasard ; parfois cet insecte perce le xylène avant d'y arriver (MOREAU et VAN LOON, 1966). Par contre, la Cicadelle *Macrosteles sexnotatus* arrive à piquer presque toujours au bon endroit dans

sa plante-hôte, par exemple le Blé, et avec cependant moins de réussite sur d'autres plantes (MOREAU et BOULAY, 1967). De plus, le nombre des trajets de piqûre, leur direction et leur distribution sont conditionnés par la façon dont les pétioles sont présentés aux insectes. Ces différences dépendent du degré d'intégrité de la plante offerte entière ou pas. Cette Cicadelle, placée sur un pétiole de feuille coupée, ne s'attaque plus seulement au phloème, mais aussi au xylème. On peut donc penser que, dans les études sur les homoptères, les plantes doivent être présentées dans un état bien défini aux insectes, surtout quand on étudie la transmission des micro-organismes pathogènes comme les mycoplasmes ou les virus.

Les expérimentations en serre ont confirmé qu'une pulvérisation des feuilles infectées par les virus, ou les feuilles témoins, avec de l'huile minérale, inhibe la transmission du BYV (Beet Yellow Virus) par *M. persicae* (RUSSELL, 1968). Il ne s'agit donc pas seulement d'une action du traitement sur les populations de vecteurs.

Les pucerons mis en cage sur des betteraves ont préféré les feuilles infectées par le virus (SBYV) aux feuilles saines, et ils ont survécu plus longtemps sur des feuilles jaunissantes que sur des feuilles vertes (BAKER, 1960). Dans les expériences utilisant des feuilles détachées, *Myzus persicae* ne distingue pas à l'avance les tissus infectés par les virus SBMY, SBYV ou BWYV des tissus sains. Il doit s'alimenter sur plusieurs feuillages différents avant de sélectionner celui qui convient le mieux (MACIAS et MINK, 1969). Récemment, LEATH et BYERS (1972) ont décrit que *Hylastinnus obscurus* est attiré par les racines de trèfle incarnat malade. Les lavandins (Variété Abrial), atteints de dépérissement jaune, maladie à mycoplasme transmise par *Cechenotettix martini*, sont plus réceptifs à *Hyalesthes obsoletus* que les sujets sains (MOREAU, non publié).

Les méthodes expérimentales influent également sur la détermination de la valeur de la plante-hôte. Les feuilles coupées et la plante entière de la Luzerne à 27°C ont été préférées par *T. maculata* à celles mises à 10°C. A la température élevée, certaines variétés résistantes apparaissent comme susceptibles aux pucerons (SCHALK, KINDLER et MANGLITZ, 1969). Après avoir étudié l'influence de la variété de pomme de terre dans le cas de *L. decemlineata*, MOREAU (1971) a précisé que les résultats ne sont pas seulement fonction de ce critère, mais aussi du mode de présentation (feuilles en place ou détachées).

L'effet du temps écoulé après l'excision sur la résistance de la luzerne à *T. maculata* est variable suivant 18 clones d'origine différente. Les feuilles détachées de tous les clones ont été plus endommagées que les feuilles correspondantes non excisées (THOMAS et SORENSEN, 1971). MOORE et CLARK (1968) ont décrit une technique aseptique retardant le développement des microflores des tiges coupées de conifère quand on les maintient dans l'eau, ce qui permet de faire l'élevage d'insectes phytophages : le feuillage traité est resté frais pendant 5 semaines en moyenne, au lieu de 10 jours pour le feuillage non traité.

GRISON (1957) a observé que les femelles de *L. decemlineata* ne pondent pas quand elles se sont nourries de feuilles sénescentes de pomme de terre. Les recherches complémentaires de DE WILDE, BONGERS et SCHOONEVELD (1969) ont montré que l'inhibition totale ou partielle de la reproduction est accompagnée d'une diapause, quand ces insectes s'alimentent de feuilles âgées. Le volume des *corpora allata* est réduit et les cellules cérébrales neurosecrétrices ne transportent plus les neurosecrétions. On voit donc l'intrication des phénomènes alimentaires et physiologiques de type hormonal. Dans les essais de choix de nourriture, les Doryphores se sont révélés capables de détecter l'âge des plantes-hôtes, ce qui confirme l'intérêt de comparer les situations de choix ou « non choix » dans de nombreux travaux.

BELAND, AKESON et MANGLITZ (1970) ont montré que la teneur en nitrates dans les feuilles à des stades particuliers de développement est affectée par l'âge de la plante. Le taux de nitrate dans les pétioles et les tiges est le même que celui des feuilles âgées et deux fois plus élevé que celui des racines. Chez les jeunes plantes de *Melilotus infesta*, la susceptibilité des feuilles à *Sitona cylindricollis* est liée à leur teneur en nitrate. Au contraire, les feuilles âgées, moins riches en nitrates, sont résistantes à ces insectes. TODD, PARKER et GAINES (1972) ont déterminé une corrélation linéaire significative entre le pourcentage de protéine du feuillage de soja et le nombre des *Epi-*

lachna varivestis. Les résultats, obtenus par Su, Speirs et Mahany (1972) ont montré que la saponine du soja contient un ou plusieurs composés toxiques envers *Sitophilus oryzae*. On a pu montrer leur activité au laboratoire lorsqu'on en saupoudre des graines de blé avant de les soumettre à ce charançon. La résistance des semences de légumes aux dégâts des insectes, à cause de leur teneur en saponine, à déjà été prouvée (Applebaum, Marco et Birk, 1969 ; Horber, 1972).

Bien souvent, au cours des répétitions, les résultats varient. Si l'on ne peut se placer en conditions de reproductibilité correcte, on doit chercher à expliquer la variabilité rencontrée.

IV. — VARIATIONS DES RÉSULTATS

Les résultats varient selon les méthodes adoptées par l'expérimentateur, telles que l'infestation artificielle, par certains stades d'un insecte, l'utilisation de plantes qui ne sont pas les hôtes normaux, l'emploi d'espèces sélectionnées, la comparaison de races biologiques, la variation du climat, la situation géographique, etc.

Le taux d'attaque est variable selon le type de matériel utilisé dans les études de résistance du maïs aux charançons du riz. Dans les champs infestés artificiellement, la « Bird House Method » est meilleure que les « Dog ou Tepee methods » (McMillian, Widstrom et Starks, 1968). La possibilité d'implantation d'œufs a été étudiée pour l'antibiosis du coton vis-à-vis d'*Anthonomus grandis* (Bailey, Maxwell et Jenkins, 1967). Anglade et Bertin (1968) ont cherché à évaluer la résistance des lignées de maïs à l'infestation des tiges par *Sesamia nonagrioides* par une implantation artificielle. Le Berre et Moreau (1966) ont étudié le comportement des hybrides contaminés artificiellement par *O. frit* et ont montré l'importance de la sélection des variétés vis-à-vis de cette espèce. Lorsque l'on offre à des individus de *T. maculata* un choix de plantes résistantes et susceptibles, ou bien qu'on les transfère sur les deuxièmes après qu'ils aient été placés sur les premières, ces pucerons refusent les plantes résistantes, soit en raison de la présence d'un répulsif dans le phloème, soit parce que de telles plantes ne satisfont pas à leurs exigences nutritives (Kindler et Staples, 1969).

Dans les conditions naturelles, les larves de *Manduca sexta* s'alimentent seulement sur quelques Solanées, mais au laboratoire, elles en acceptent un plus grand nombre. En plus, quand elles sont affamées, elles mangent d'autres plantes que des solanées (Yamamoto et Fraenkel, 1960). Si on les maxillectomise, elles s'alimentent de manière continue sur un grand nombre d'espèces qui sont généralement refusées par les larves intactes (Waldbauer et Fraenkel, 1961). Van Emden et Bashford (1969) ont montré qu'au bout de 6-9 semaines, le développement sur des choux de Bruxelles devient moins bon pour les Aphides *Brevicoryne brassicae* et *Myzus persicae*. La corrélation inverse de *M. persicae* avec le taux de l'acide aminobutyrique peut être très importante dans la relation entre les plantes-hôtes et ces insectes. Dans la sélection des plantes, le polyphage *M. persicae* est plus attiré par des substances constituantes que par les odeurs, alors que c'est l'inverse pour l'oligophage *B. brassicae* (Wearing, 1972). Plus généralement, les études comparatives menées sur les insectes polyphages et oligophages conduisent à des résultats qui peuvent sembler contradictoires.

Dans les populations naturelles, une espèce devient une race locale par la restriction de la plante-hôte. Les adultes de certaines espèces pondent de préférence sur la plante où se sont alimentées les larves, ceci perpétuerait la relation avec la plante-hôte, de génération en génération (Hovanitz, 1969). Une infestation très importante par *Acyrthosiphum pisum* a été observée dans des champs de luzerne où l'on avait laissé beaucoup de plantes pendant l'hiver. Donc les dates de récolte peuvent aider à réduire les dégats ultérieurs, car les pucerons diminuent la qualité du feuillage, même si leurs populations atteignent des niveaux variables (Harvey, Mackeroff et Sorensen, 1971).

V. — DIVERSIFICATION DES RECHERCHES ET DES MÉTHODES

L'étude des élevages sur milieux artificiels donne des précisions sur les besoins nutritionnels des insectes phytophages (Bottger, 1942 ; House, 1955; Shumakov, Edelman et Borisova, 1960 ; Davis, 1968 ; Guennelon, 1968 ; Auclair, 1969 ; Poitout et Bues, 1970 ; Vanderzant, 1972). La plupart des femelles de *Hylema brassicae* à la première et deuxième générations au champ, alimentées seulement de glucides, ont une fécondité faible (20-30 p. 100 de moins par rapport à celle observée au laboratoire sur un milieu artificiel complet (Finch, 1971). Trente générations successives de *Lobesia botrana* ont été obtenues sur un milieu artificiel mais le taux d'accouplement et de pourcentage d'éclosion des œufs ont diminué progressivement (Guennelon *et al.*, 1970). Au contraire, l'élevage de *Phorbia platura* est satisfaisant et peut être utilisé pour l'obtention d'imagos au laboratoire (Audemard et Guennelon, 1968). La survie larvaire d'*Heliothis zea* est la même sur des poudres reconstituées et sur milieu artificiel (Knapp, Maxwell et Douglas, 1967). L'emploi d'extraits végétaux ou de poudres de plantes nous permet de comparer plusieurs milieux artificiels afin d'en choisir le meilleur pour la croissance d'un insecte donné (Lewis et Lynch, 1969 ; Fenny, 1970).

De même que les méthodes directes citées ci-dessus, des méthodes indirectes peuvent être utilisées. Une relation a été établie entre la perte de poids due aux dégâts des Termites, *Reticulitermes flavipes*, le poids spécifique et la dureté du bois. Ces résultats se sont révélés utilisables pour plusieurs espèces (Behr et Wilson, 1972). Pour mesurer la résistance physiologique des céréales aux dégâts d'*O. frit* sans utiliser d'insectes, une méthode enzymatique employant la trypsine s'est montrée satisfaisante (Vilkova et Shapiro, 1966). De même, la similarité de réaction entre les maladies et les ravageurs de plantes peut être utilisée pour comparer des lignées de maïs (Molot et Anglade, 1968).

De jour en jour, les progrès techniques sont mis à profit : un appareil de télévision UV peut être utilisé pour examiner directement les modèles de réflexion des ultraviolets. Par exemple, des papillons posés sur les feuilles sont invisibles pour nous, mais pas pour leurs congénères et éventuellement leurs prédateurs (Eisner *et al.*, 1969). Grâce aux techniques nouvelles, il est possible aussi d'étudier un plus grand nombre d'aspects physiologiques. L'enregistrement des variations de résistance et de courant électrique chez *A. pisum* et *Vicia faba* ont été précisées (McLean et Weight, 1968). Ce système facilite les études de comportement des insectes suceurs.

Les techniques de chromatographie en centrifugation pour détecter les sucres (Mopper et Degens, 1972), les hormones-stéroïdes (Ribi *et al.*, 1970 *a*), les lipides microbiens (Ribi *et al.*, 1970 *b*) dans les cultures de tissus, ont été introduites.

Pour mesurer la prise de nourriture chez les insectes, plusieurs méthodes sont utilisables, par exemple, des méthodes gravimétriques utilisant l'oxyde de chrome pour les phytophages (McGinnis et Kasting, 1964), l'acide urique des excreta pour *Tribolium confusum* (Bhattacharya et Waldbauer, 1970), la consommation des abeilles par scintillation à l'aide de phosphore marqué (32 P) (Dietz et Lambremont, 1970).

L'utilisation des radioisotopes permet d'évaluer les phénomènes de nutrition, de métabolisme et la spécificité de la plante-hôte dans les relations plantes-insectes (Maddox et Resnik, 1969 ; Lambremont, 1972). Les gamma isotopes 75 Se pour déterminer la digestion de solutions données par l'insecte (Guss et Branson, 1972) et le transfert des composés à 14 C de *Psylla pyricola* aux plantules de poirier (Williams et Benson, 1966) montrent d'autres possibilités. L'application de rubidium sur les feuilles de plantes-hôtes (Berry, Stimmann et Wolf 1972) et l'usage de 32 P, 45 ca, 65 Zn au moment de la germination (Riga et Bukorav, 1961) ont leur utilité dans l'expérimentation.

SCHUURMAN et GOEDEWAAGEN (1965) ont proposé de nouvelles méthodes pour examiner le système radiculaire des plantes. Depuis que l'étude physiologique et morphologique des racines a une importance dans l'écologie, les travaux sur les insectes de racines devraient en être facilités.

En plus des anomalies du sol, d'autres facteurs (l'eau, le vent, etc.) doivent être également considérés. Dans ce cas-là, les techniques de spectrométrie aux rayons gamma pour analyser l'eau, pourraient peut-être donner quelques indications (TANNER, RANCITELLI et HALLER, 1972).

La validité de différentes hypothèses et les résultats au laboratoire, aux champs ou en serre doivent être toujours confirmés (BULL, LINDQUIST et HOUSE, 1964 ; BENNETTS, JOSEPHSON et BURGESS, 1967 ; RHODES et LUCKMANN, 1967 ; PEDIGO, STONE et LENTZ, 1972). Dans le futur, la recherche de plantes convenables ne doit pas être limitée aux espèces communes car celles qui n'ont pas été utilisées jusqu'à présent pourraient servir à préparer un aliment peu conventionnel, comme un extrait de feuilles riche en protéines (LEXANDER *et al.*, 1970).

Il est admis que les aspects écologiques doivent être toujours considérés dans les programmes de lutte. On les intègre de plus en plus aux méthodes biologiques et chimiques (BENASSY, 1961 ; RABB, 1962, BUCKNER, 1969 ; GRISON, 1969). De la même façon, les aspects nutritionnels seront nécessairement utilisés dans la pratique (PRATT, HOUSE et MANSINGH, 1972).

Au vu de la variabilité de la plante-hôte elle-même, et des différentes façons de la présenter aux insectes, on peut éviter de confondre des différences inhérentes à la plante-hôte elle-même avec celles dues à la race ou au stade de l'insecte considéré.

Les relations entre les plantes-hôtes et les insectes ont un intérêt pratique. Plusieurs chercheurs ont proposé de nombreuses méthodes afin d'évaluer les pertes dues aux insectes. Généralement, elles sont proportionnelles à l'attaque et à la résistance de la plante aux dégâts. Récemment, JUDENKO (1972) a insisté sur la nécessité dans l'étude de ravageurs spécifiques, de mener les recherches sur une longue durée et dans des conditions également spécifiques d'environnement. Il faut nécessairement prendre en considération certains éléments tels que : l'oviposition sélective, la durée d'attaque, le stade de la plante-hôte attaquée et le taux d'infestation sur les différentes parties de la plante. Ainsi, de meilleures solutions pourraient être trouvées de manière expérimentale et appliquées à la protection des cultures.

Reçu pour publication en juillet 1974.

SUMMARY

IMPORTANCE OF EXPERIMENTAL METHODS IN THE STUDIES ON PLANTS INSECTS RELATIONSHIPS

In study on the relationships between the plants and pests, the experimental methods have a great importance.

The surrounding environmental condition which may be natural, modified or created by the research workers (such as change in temperature, photoperiod etc.) modifies the reaction of insects and brings forth the difficulties in the study of insect population.

The host plant is subjected to the influence of many environmental factors : climatic, nutritional, biological, chemical etc. and ultimately these modifications are able to have great effects on phytophagous insects.

While studying the behaviour or development of an insect, the worker does the conditioning of plants and manytimes modifies the ways and means as desired in the study. It is evidently necessary to consider these factors in the intepretation of results obtained.

The physiological and ethological aspects demand more and more analytical techniques (biophysical, biochemical, radioactive markings, synthetic diets etc.). An approach of ecological combination should have the practical implications.

In fact, the results obtained by « econutritionalists » can be useful not only to know better the physiology of insect, but also to furnish the essentials and give guide lines to the research workers who are searching the solutions for reducing the pest population, for example, by the way of integrated control.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABERNATHY O. C., THURSTON R., 1969. Plant age in relation to the resistance of *Nicotiana* to green peach aphid. *J. econ. Entomol.*, **62**, 1356-59.

ABUL-NASR S., EL-SHERIF S. I., NAGUIB M. Q., 1971. Relative efficiency of certain sampling methods for the assessment of the larval and pupal populations of the cotton leaf worm, *Spodoptera littoralis* (BOISD.) in clover fields (*Lep. Agrotidae*). *Z. angew. Entomol.*, **69**, 98-101.

AGARWAL R. A., 1969. Morphological characteristics of sugar cane and insect resistance. *Entomol. exper. appl.*, **12**, 767-776.

AKESON W. R., BELAND G. L., MANGLITZ G. R., 1969. Nitrate as deterrent to feeding by the sweet clover weevil. *J. econ. Entomol.*, **62**, 1169-1172.

ALLEN J., GONZALEZ D., GOKHALE D. V., 1972. Sequential sampling plans for the boll worm, *Heliothis zea*. *Environ. Entomol.*, **1**, 771-780.

ANGLADE P., BERTIN C., 1968. Mise en évidence d'une résistance à la Sésamie de lignées de Maïs et de sa transmission aux hybrides. *Ann. Epiphyties*, **19**, 579-587.

ANONYME, 1967. Proceedings International Symposium plant diseases and pests in a developing Europe. International dispersal and importance as influenced by changing agricultural methods. *Neth. J. Pl. Pathol.*, **73**, suppl. nº 1, 172 p.

ANONYME, 1972. Effects of intensive fertilizer use on the human environment. *SIDA. FAO Soils Bull.*, **16**, 360 p.

APLIN R. T., BENN M. H., ROTHSCHILD M., 1969. Poisonous alkaloids in the body tissues of the cinnabar moth (*Callimorpha jacobaea* L.). *Nature, Lond.*, **219**, 747-748.

APPLEBAUM S. W., MARCO S., BIRK Y., 1969. Saponins as possible factors of resistance of legume seeds to the attack of insects. *J. agric. Food Chem.*, **17**, 618-622.

ASHRAFF M. A., 1969. Integrated approach to pest control. *Manitoba Entomol.*, **3**, 47-50.

AUCLAIR J. L., 1958. Development in resistance of plants to insects. *Rep. Entomol. Soc. Ontario*, **88**, 1957, 7-17, 1958.

AUCLAIR J. L., 1969. Nutrition of plant sucking insects on chemically defined diets. *Entomol. exper. appl.*, **12**, 623-641.

AUDEMARD H., GUENNELON G., 1968. L'élevage permanent de la Mouche des semis *Phorbia platura* MEIG. (*Hylemyia cilicrura* RONDANI) (*Diptera Muscidae*). *Ann. Epiphyties*, **19**, 713-719.

BAILEY J. C., MAXWELL, F. G., JENKINS J. N., 1967. Boll weevil antibiosis studies with selected cotton lines utilizing egg implantation techniques. *J. econ. Entomol.*, **60**, 1275-1279.

BAILEY J. C., MAXWELL F. G., JENKINS J. N., 1969. Influence of changes in the cotton plant during the season on the feeding, oviposition and development of boll weevil. *J. econ. Entomol.*, **62**, 239-242.

BAKER P. F., 1960. Aphid behavior on healthy and on yellow virus affected sugar-beet. *Ann. appl. Biol.*, **48**, 348-391.

BECK S. D., 1956. The european corn borer, *Pyrausta nubilalis* HUBN. and its principal host plants. II. The influence of nutritional factors on larval establishment. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **49**, 582-588.

BECK S. D., 1965. Resistance of plants to Insects. *Ann. Rev. Entomol.*, **10**, 207-232.

BEHR E. A., BEHR C. T., WILSON L. F., 1972. Influence of wood hardness on feeding by eastern subterranean termite, *Reticulitermes flavipes* (*Isoptera, Rhinotermitidae*). *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **65**, 457-460.

BELAND G. L., AKESON W. R., MANGLITZ G. R., 1970. Influence of plant maturity and plant part on nitrate content of the sweet clover weevil resistant species, *Melilotus infesta*. *J. econ. Entomol.*, **63**, 1037-1039.

BENACCHIO S. S., BLAIR B. O., 1972. A new approach to phenological research. Relationships between environmental factors and days to the appearence of the first leaf in four perennial species. *Agron. J.*, **64**, 297-302.

BENASSY C., 1961. Contribution à l'étude de l'influence de quelques facteurs écologiques sur la limitation des pullulations de cochenilles diaspines. *Ann. Epiphyties*, **12**, nº H. S., 157 p.

BENNETTS S. E., JOSEPHSON L. N., BURGESS E. E., 1967. Field and laboratory studies on resistance of corn to corn earworm. *J. econ. Entomol.*, **60**, 171-173.

BERRY W. L., STIMMANN M. W., WOLF W. W., 1972. Marking of native phytophagous insects with Rubidium : a proposed technique. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **65**, 236-238.

BERTRAN M., FABRE J. P., JOURDHEUIL P., 1970. Influence de quelques facteurs sur la dynamique des populations de l'Apion de la Luzerne, *Apion pisi* L. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, **2**, 5-23.

BHATTACHARYA A. K., WALDBAUER G. P., 1970. Use of the faecal uric acid method in measuring the utilization of food by *Tribolium confusum*. *J. Insect physiol.*, **16**, 1983-1990.

BILIOTTI E., 1972. Vers une protection des cultures sans pollution. in : 25e *Anniversaire I. N. R. A., S. P. E. I.*, Paris, 317-327.

BOMBOSCH S., 1972. Zur Nahrungs Qualität von Fichtennadeln für forstliche Schädinsekten. *Z. angew. Entomol.*, **70**, 277-281.

BONGERS W., 1965. External factors in the host plant selection of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* SAY. *Meded. Landb. Hogesch. Opz. Statns, Gent*, **30**, 1516-1523.

BOTTGER G. T., 1942. Development of synthetic food media for use in nutrition studies of the European corn borer. *J. Agr. Research*, **65**, 493-500.

BROWER L. P., RYERSON W. N., COPPINGER L. L., GLAZIER S. C., 1968. Ecological chemistry and the palatability spectrum. *Science*, **161**, 1349-1351.

BRUNNARIUS J. Communication personnelle.

BUCKNER C. H., 1969. An integrated approach to environmental management. *Manitoba Entomol.*, **3**, 5-6.

BULL D. L., LINDQUIST D. A., HOUSE V. S., 1964. Laboratory and greenhouse experiments with a new series of systemic insecticides. *J. econ. Entomol.*, **57**, 112-116.

CANNON W. M., 1970. Population dynamics of *Tetranychus urticae* on bean leaves treated with metal chelates. *J. econ. Entomol.*, **63**, 712-725.

CARLE P., MOUTOUS G., 1970. Observations sur le mode de nutrition sur Vigne de quatre espèces de cicadelles. *Ann. Epiphyties*, **16**, 33-354.

CARTER W., 1962. Insects in relation to plant disease. *Interscience Publ.* New York, 705 p.

CATLING H. D., 1970. Distribution of the Psyllid vectors of Citrus greening disease with notes on the biology and bionomics of *Diaphorina citri*. *Pl. Prost. Bull. F. A. O.*, **18**, 8-15.

CAYROL R., 1962. Interrelations de l'alimentation et des autres facteurs du milieu sur les chenilles de *Plusia gamma* L. (Lep. *Noctuidae*). *Ann. Nutr. Alim.*, **16**, 211-221.

CHABOUSSOU F., 1969. Les déséquilibres biologiques provoqués par les traitements pesticides de la plante. *Public. O. E. P. P.*, sér. A., nº 52, 33-44.

CHEVIN H., DURAND Y., LE BERRE J. R., MOREAU J. P., 1971. Étude de quelques facteurs intervenant dans la prolifération de deux espèces d'Oscinies, *Oscinella frit* L. et *Oscinella pusilla* MG. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **3**, 347-359.

CHIANG H. C., 1964. The effects of feeding site in the interaction of European corn borer, *Ostrinia nubilalis* and its host, the field corn *Zea mays*. *Entomol. exper. appl.*, **7**, 144-148.

CHIANG H. C., 1970. Effects of manure applications and mite predation on corn rootworm populations in Minnesota. *J. econ. Entomol.*, **63**, 934-936.

CHIANG H. C., 1972. Dispersion of the European corn borer (*Lepidoptera, Pyralidae*) in Minnesota and South Dakota, 1945 to 1970. *Environm. Entomol.*, **1**, 157-161.

CHIANG H. C., HODSON A. C., 1972. Population fluctuations of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* at Waseca, Minnesota, 1948-70. *Environm. Entomol.*, **1**, 7-16.

CIBULA A. B., DAVIDSON R. H., FISK F. W., LAPIDUS J. B., 1967. Relationships of free amino acids of some Solaneous plants to growth and development of *Leptinotarsa decemlineata* (*Coleoptera, Chrysomelidae*). *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **60**, 626-631.

CLARK L. R., GEIER P. W., HUGUES R. D., MORRIS R. F., 1967. The ecology of insect populations in theory and practice. *Methuen et Cº LTD, London*, 232 p.

COBB P. P., BASS M. H., 1968. Some effects of photoperiod, temperature and food on the induction of diapause in the boll weevil. *J. econ. Entomol.*, **61**, 624-625.

CONNOLA D. P., WIXSON E. C., 1963. White pine Weevil attack in relation to soils and other environmental factors in New York. *N. Y. State Misc. Sci. Serv. Bull.*, **389**, 80 p.

COSTER J. E., VITE J. P., 1972. Effects of feeding and mating on pheromone release in the southern Pine Beetle. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **65**, 263-266.

DADD R. H., 1973. Insect nutrition current : developments and metabolic implications. *Ann. Rev. Entomol.*, **18**, 381-420.

DAJOZ R., 1971. Précis d'Écologie. *2e édit., Dunod, Paris*, 434 p.

DANIELS N. E., JACKSON J. C., 1968. Effect of environment on weight of greebug instars reared on wheat and grain Sorghum. *J. econ. Entomol.* **61**, 1750-1751.

DANIELS N. E., WILSON G. C., CLARKE C. S., 1968. Nitrogen and phosphorus content of greenbugs reared on fertilized wheat. *J. econ. Entomol.*, **62**, 1746-1747.

DAVIS G. R. F., 1968. Phagostimulation and consideration of its role in artificial diets. *Bull. entomol. Soc. Amer.*, **14**, 27-30.

DAY M. F., IRZYKIEWICZ H., MCKINNON A., 1952. Observations on the feeding of the virus vector, *Orosius argentatus* (EVANS) and comparisons with certain other Jassids. *Austr. J. Sci. Res.* (B), **5**, 128-142.

DICKSON R. C., LAIRD E. F., JOHNSON M. M., 1958. Sexuales and eggs of the spotted alfalfa Aphid. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **51**, 346-350.

DIEHL S. G., CHATTERS R. M., 1958. Studies on the mechanisms of feeding of the spotted alfalfa Aphid on alfalfa. *J. econ. Entomol.*, **49**, 589-591.

DIETZ A., 1972. The nutritional basis of caste determination in honey bees, In *Insect and mite nutrition* ed. J. C. RODRIGUEZ, 271-279, Amsterdam-London : North Holland Publish. Company.

DIETZ A., LAMBREMONT E. N., 1970. A method for studying food consumption of live honey bee larvae by liquid scintillation counting. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **63**, 1340-1342.

DIMETRY N. Z., MANSON M. H., 1971. Effect of some inorganic salts as deterrent agent against the greasy cutworm, *Agrotis ipsilon* H. and the spiny bollworm, *Earias insulana* B. *Z. angew. Entomol.*, **69**, 315-317.

DORST J., 1965. Avant que nature ne meure. *Delachaux et Niestlé, Neufchatel*, 424 p.

ECKENRODE C. J., CHAPMAN R. K., 1971. Effect of various temperatures upon rate of development of the cabbage maggot under artificial conditions. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **64**, 1079-1083.

EICHHORN O., 1968. Problems of the population dynamics of silver pine wooly Aphids, genus *Adelges* (= *Dreyfusia*), *Adelgidae*. *Z. angew. Entomol.*, **61**, 157-214.

EIDT D. C., LITTLE C. H. A., 1968. Insect control by artificially prolonging plant dormancy. A new approach. *Canad. Entomol.*, **100**, 1278-1279.

EISNER T., HALPERN B. P., 1971. Taste distortion and plant palatability. *Science*, **172**, 1362.

EISNER T., SILBERGLIED R. E., ANESHANSLEY D., CARREL J. E., HOWLAND H. C., 1969. Ultraviolet video-viewing : the television camera as an insect eye. *Science*, **166**, 1172-1174.

EL-TIGANI M., EL-AMIN., 1962. Des Einfluss der mineral Düngung der Pflanzen auf Entwicklung und Vermehrung von Blattläusen. *Wiss. Z. Univ. Rostock*, **11**, 307-324.

FEENY P., 1970. Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars. *Ecology*, **51**, 565-581.

FINCH S., 1971. The fecundity of the cabbage root fly, *Erioschia brassicae* under field conditions. *Entomol. exper. appl.*, **14**, 147-160.

FORREST J. M. S., 1971. The growth of *Aphis fabae* as an indicator of the nutritional advantage of galling to the apple Aphid, *Dysaphis devecta*. *Entomol. exper. appl.*, **14**, 477-483.

FRAENKEL G., 1969. Evaluation of our thoughts on secondary plant substances. *Entomol. exper. appl.*, **12**, 473-486.

FRIEND W. C., 1958. Nutritional requirements of phytophagous insects. *Ann. Rev. Entomol.*, **3**, 57-74.

FRYE R. D., 1972. Several factors influencing European corn borer populations in Cass County, North Dakota. *North Dakota Res. Rept.*, **37**, 28 p.

FURR R. E., PERIMMER T. R., 1968. Effect of early-, mid-, and late season infestations of two spotted spider mites on the yields of cotton. *J. econ. Entomol.*, **61**, 1446-1447.

FYE R. E., 1968. Spread of the boll weevil by drainage water and air currents. *J. econ. Entomol.*, **61**, 1418-1424.

FYE R. E., SURBER D. E., 1971. Effects of several temperature and humidity regimens on eggs of six species of lepidopterous pests of cotton in Arizona. *J. econ. Entomol.*, **64**, 1138-1142.

GALL A., DOGGER J. R., 1967. Effect of 2,4-D on the wheat stem sawfly. *J. econ. Entomol.*, **60**, 75-77.

GENTRY J. B., STRITZ K. L., 1972. The role of the Florida harvester Ant, *Pogonomyrmex badius* in old field mineral nutrient relationships. *Environm. Entomol.*, **1**, 39-41.

GIBSON R. W., 1972. Climatic factors restricting the distribution of the Aphid, *Rhopalosiphonimus latysiphon* to the subterranean parts of field potato plants. *Ann. appl. Biol.*, **69**, 89-96.

GORDON M. T., 1961. Nutritional factors in insect resistance to chemicals. *Ann. Rev. Entomol.*, **6**, 27-54.

GREEN T. R., RYAN C. A., 1972. Wound induced proteinase inhibitor in plant leaves : A possible defense mechanism against insects. *Science*, **175**, 776-777.

GREENWAY H., GUNN A., 1966. Phosphorous retranslocation in *Hordeum vulgare* during early tillering. *Planta*, **71**, 43-67.

GRISON P., 1957. Les facteurs alimentaires de fécondité chez le Doryphore. *Ann. Epiphyties*, **3**, 304-381.

GRISON P., 1958. L'influence de la plante-hôte sur la fécondité de l'Insecte phytophage. *Entomol. exper. appl.*, **1**, 73-98.

GRISON P., 1969. Lutte biologique et écologique appliquée. *Bull. Soc. Écol.*, **2**, 7-18.

GUENNELON G., 1968. L'alimentation artificielle des larves de Lépidoptères phytophages. *Ann. Epiphyties*, **19**, 539-570.

GUENNELON G., SENDER C., d'ARCIER F., AUDEMARD H., 1970. Mise au point d'un milieu artificiel pour l'élevage au laboratoire des larves de l'Eudémis de la Vigne, *Lobesia botrana* DEN. et SCHIFF. (*Lepidoptera, Tortricidae*). *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **2**, 51-77.

GUPTA P. D., THORSTEINSON A. J., 1960. Food plant relationships of the diamond back moth (*Plutella maculipennis* CURT.). Sensory regulation of oviposition of the adult female. *Entomol. exper. appl.*, **3**, 305-314.

GUSS P. L., BRANSON T. F., 1972. The use of 75 Se in feeding studies with the corn leaf aphid (*Hemiptera* (*Homoptera*) *Aphididae*). *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **65**, 303-306.

HACKEROFF H. L., HARVEY T. L., 1959. Effect of temperature on spotted alfalfa aphid reaction to resistance in alfalfa. *J. econ. Entomol.*, **52**, 949-953.

HAGEN K. S., TASSEN R. L., 1972. Exploring nutritional roles of extracellular symbiotes on the reproduction of honey dew feeding adult chrypode and Thephritids. In *Insect and mite nutrition*, ed. J. G. RODRIGUEZ, 323-352, Amsterdam-London, North Holland Publish. Company.

HAMALAINEN M., MARKKULA M., 1972. Effect of type of food on fecundity in *Coccinella septempunctata* L. (Col. *Coccinellidae*). *Ann. Entomol. Fenn.*, **38**, 195-199.

HAND L. F., KEASTER A. J., 1967. The environment of an insect field cage. *J. econ. Entomol.*, **60**, 910-915.

HANSON A. A., 1972. A directed ecosystem approach to pest control and environmental quality. *J. environm. quality*, **1**, 45-54.

HARDH J. E., HARDH K., 1972. Effects of radiation, day length and temperature on plant growth and quality : a preliminary report. *Hort. Res.* **12**, 25-42.

HARREWIJN P., 1970. Reproduction of the aphid, *Myzus persicae* related to the mineral nutrition of potato plants. *Entomol. exper. appl.*, **13**, 307-139.

HARVEY T. L., MACKEROFF H. L., SORENSEN E. L., 1971. Pea aphid injury to resistant and susceptible alfalfa in the field. *J. econ. Entomol.*, **64**, 513-517.

HASSANEIN M. H., 1972. The effect of the kind of food on the life cycle of the cotton leaf worm, *Spodoptera exigua* HBN. (*Lepidoptera, Noctuidae*). *Bull. Soc. Entomol. Egypt.*, **55**, 91-94.

HEGDEKAR, B. M., 1970. Amino acids analogues as inhibitors of insect reproduction. *J. econ. Entomol.*, **63**, 1950-1956.

HINTZ S. D., 1966. The effect of photoperiod on *Therioaphis maculata*. *Proc. N. Centr. Br. Entomol. Soc. Amer.*, **21**, 132-133.

HOOPER D., 1886-1887. *Pharm. J. Trans.*, **17**, 867. *Nature*, **25**, 565.

HORBER E., 1972. Alfalfa saponins significance in resistance to insects. In *Insect and Mite nutrition*, Ed. J. G. RODRIGUEZ, 611-627, Amsterdam London : North Holland Publ. comp.

HOUSE H. L., 1955. Nutritional requirements and artificial diets for Insects. (*Symposium I*). Introductory remarks. *Rev. Entomol. Soc. Ont.*, **86**, 21-23.

HOUSE H. L., 1961. Insect nutrition. *Ann. Rev. Entomol.*, **6**, 13-26.

HOUSE H. L., 1969. Effects of different proportions of nutrients of insects *Entomol. exper. appl.*, **12**, 651.

HOVANITZ W., 1969. Inherited and/or conditionned changes in host plant preference in *Pieris*. *Entomol. exper. appl.*, **12**, 729-735.

HOVANITZ W., CHANG V. C. S., 1965. The alteration of host plant specificity in larvae of *Pieris rapae* by induction. *J. Res. Lepidoptera*, **4**, 13-21.

HSIAO T. H., 1969. Chemical basis of host selection and plant resistance in oligophagous insects. *Entom. exper. appl.*, **12**, 777-788.

HUDON M., 1971. A progress report on the International project on the ecology of *Ostrinia nubilalis* HBN., the European corn borer. *Bull. Entomol. Soc. Amer.*, **17**, 98-101.

JACOBSON M., 1966. Chemical insect attractants and repellents. *Ann. Rev. Ent.*, **11**, 403-422.

JERMY T., 1971. Biological background and outlook of the antifeedant approach to insect control. *Acta phytopath. Acad. Scient. Hung.*, **6**, 253-260.

JERMY T., HENSON F. E., DETHIER V. G., 1968. Induction of specific food preference in Lepidopterous larvae. *Entomol. exper. appl.*, **11**, 221-230.

JOHNSON C. G., 1967. International dispersal of insects and insect borne viruses. *Neth. J. Pl. Pathol.*, **73**, 21-43.

JUDENKO E., 1972. The assessment of economic loss in yield of annual crops caused by pests and the problem of economic threshold. *PANS*, **18**, 186-191.

KELLER C. J., TAYLOR N. L., VANMETER C. L., PASS B. C., 1970. Feeding response of the adult alfalfa weevil to plant species phytogenetically related to alfalfa. *J. econ. Entomol.*, **63**, 302-303.

KENTEN J., 1955. The effects of photoperiod and temperature on the reproduction in *Acyrthosiphon pisum* (HARRIS) and on the forms produced. *Bull. entomol. Res.*, **46**, 599-624.

KINDLER S. D., STAPLES R., 1969. Behaviour of the spotted alfalfa aphid on resistant and susceptible alfalfa. *J. econ. Entomol.*, **62**, 474-478.

KING J. W., BEARD J. B., 1972. Post harvest cultural practices affecting the rooting of Kentucky bluegrass sods crown on organic and mineral soils. *Agron. J.*, **64**, 259-262.

KLEIN M., HARPAZ I., 1969. Changes in resistance of graminaceous plants to delphacid planthoppers induced by Maize rough dwarf virus (MRDV). *Z. angew. Entomol.*, **64**, 39-43.

KNAPP J. L., MAXWELL F. G., DOUGLAS W. A., 1967. Possible mechanism of resistance of dent corn to corn earworm. *J. econ. Entomol.*, **60**, 33-36.

KOGAN M., 1971. Feeding and nutrition of insects associated with soybeans. II. Growth and development of Mexican bean beetle, *Epilachna varivestis* on artificial media. *Ann. Entomol. Soc . Amer.*, **64**, 1044-1050.

KOGAN M., LUCKMANN W. H., 1971. A comprehensive program of research and information on soybean insects. *Bull. Entomol. Soc. Amer.*, **17**, 92-93.

LAMBREMONT E. N., 1972. Radioisotopes in insect nutrition and metabolism : The design and interpretation of radiotracer experiments. In *Insect and Mite Nutrition*, Ed. J. G. RODRIGUEZ, 409-421, North Holland Publishing Company.

LAW J. H., REGNIER R. E., 1971. Pheromones. *Ann. Rev. Biochem.*, **40**, 395-396.

LEATH K. T., BYERS R. A., 1972. Attractiveness of diseased clover roots to the clover root borer, *Hylastinus obscurus*. *Phytopathol.*, **63**, 428-431.

LE BERRE J. R., LENOIR A., 1969. Incidence de régimes alimentaires de type méridique et de la durée d'éclairement sur le développement larvaire du Criquet migrateur. *Entomol. exper. appl.*, **12**, 670-697.

LE BERRE J. R., MOREAU J. P., 1966. Analyse de la perte de rendement chez des Maïs hybrides contaminés artificiellement par *Oscinella frit* L. *Meded. Landbauwhogosh Opzoekingstns. Gent*, **31**, 706-716.

LESS A. D., 1953. Environmental factors controlling the evocation and termination of diapause in the fruit tree red spider mite, *Metatetranychus ulmi* KOCH. (*Acarina : Tetranychidae*). *Ann. appl. Biol.*, **40**, 449-468.

LELEJI O. I., 1973. Apparent preference by bees for different flowers colors in cowpeas (*Vigna sinensis* L.). *Euphytica*, **22**, 150-153.

LEWIS L. C., LYNCH R. E., 1969. Rearing the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* HBN. on diets containing corn leaf and wheat germ. *Iowa state J. Sci.*, **44**, 9-14.

LEXANDER K., CARLSSON R., SCHALEN V., SIMONSSON A., LUNDBORG T., 1970. Quantities and qualities of leaf protein concentrates from wild species and crop species grown under controlled conditions. *Ann. appl. Biol.*, **66**, 193-216.

LIPA J. J., 1972. Visual insect attractants and their use in plant protection. *Postepy Naukroln*, **19**, 25-44.

LONG M. I. E., MARSHALL B., NDYANABO W. K., THORNTON D. D., 1972. Mineral status of dairy farms in Eastern Uganda. II. Nitrogen and mineral content of grasses and some mineral contents of bovine plasma. *Trop. agric.* (*Trinidad*), **49**, 227-234.

MACIAS W., MINK G. I., 1969. Preference of green peach aphids for virus infected sugar beet leaves. *J. econ. Entomol.*, **62**, 28-29.

MACION E. A., MITCHELL W. C., SMITH J. B., 1968. Biophysical and biochemical studies on the nature of resistance of pine apples to the oriental fruit fly. *J. econ. Entomol.*, **61**, 910-918.

MADDOX D. M., RESNIK M. E., 1968. Radioisotopes, a potential mean of evaluation the host specificity of phytophagous insects. *J. econ. Entomol.*, **61**, 1499-1502.

MANGLITZ C. R., CORZ H. J., 1968. Inheritance of resistance in sweet clover to sweet clover aphid. *J. econ. Entomol.*, **61**, 90-93.

MARTIN J. J., JUNIPER B. E., 1970. The cuticules of plants. *Edward Arnold Publ. LTD*, 347 p.

MCCLURG C. A., BERGMAN E. L., 1972. Influence of selected pesticides on leaf elemental content and yield of garden beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. environm. Quality*, **1**, 200-203.

MCGINNIS A. J., KASTING R., 1964. Comparison of gravimetric and chromic oxide methods for measuring percentage utilization and consumption of food by phytophagous insects. *J. Insect physiol.*, **10**, 989-995.

MCLEAN D. L., WEIGT W. A., 1968. An electronic measuring system to record aphid salivation and ingestion. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **61**, 180-185.

MCMILLIAN W. W., WIDSTROM N. W., STARKS K. J., 1968. Rice Weevil damage as affected by husk treatment within methods of artificially infesting field corn plots. *J. econ. Entomol.*, **61**, 918-921.

MEHTA C. R., SAXENA K. N., 1973. Growth of the cotton spotted bollworm *Earias fabia* (*Lepidoptera, Noctuidae*) in relation to consumption, nutritive value and utilization of food from various plants. *Ent. exp. appl.*, 20-30.

MILES P. W., 1968. Insect secretion in plants. *Ann. Rev. Phytopathol.*, **6**, 137-164.

MITTLER T. E., 1972. Interactions between dietary components, *Insect and Mite nutrition*, ed. J. G. RODRIGUEZ, 211-223, Amsterdam-London, North Holland Publish. Com.

MITTLER T. E., SUTHERLAND O. R. W., 1969. Dietary influences on aphid polymorphism. *Entomol. exper. appl.*, **12**, 703-713.

MOERICKE V., 1969. Host plant specific colour behaviour by *Hyalopterus pruni* (*Aphididae*). *Entomol. exper. appl.*, **12**, 524-534.

MOLOT P. M., ANGLADE P., 1968. Résistance commune des lignées de Maïs à l'helminthosporiose (*Helminthosporium turcicum* PASS) et à la Pyrale (*Ostrinia nubilalis* HBN.) en relation avec la présence d'une substance identifiable à la 6-methoxy-2 (3) -benzoxazolinone. *Ann. Epiphyties*, **19**, 75-95.

MOPPER K., DEGENS E. T. A., 1972. New chromatographic sugar autoanalyser with a sensitivity of 10-10 moles. *Analytical biochemistry*, **45**, 53.

MOORE G. E., CLARK E. W., 1968. Suppressing micro-organism and maintaining turgidity in coniferous foliage used to rear insects in the laboratory. *J. econ. Entomol.*, **61**, 1030-1031.

MOORE R. M., WILLIAMS J. D., OHIA JOYCE 1966. Effect of environmental factors on alkaloids in *Phalaris tuberosa*. *Proc. 10th. Intern. Grassl. Congr., sect.*, **2**, 524-527.

MOREAU J. P., 1964. Les besoins azotés chez les Poecilothermes, le cas des insectes. *Rap. Journ. Nutrit. Paris*, déc. 1964, 17 p.

MOREAU J. P., 1967. Analyse expérimentale de quelques causes de résistance des céréales aux insectes, l'exemple des Oscinies (*Oscinella frit* L. et *Oscinella pusilla* MG.). *Meded. Landbouwhogesh Opzoekingstns, Gent*, **32**, 318-327.

MOREAU J. P., 1971. Das Verhalten des Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata* SAY) gegenüber drei Kartoffelsorten. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, **6**, 165-168.

MOREAU J. P., non publié.

MOREAU J. P., BOULAY C., 1967. Mode de piqûre de trois cicadelles vectrices de virus, *Euscelis plebejus* FALL., *Macrosteles sexnotatus* FALL. et *Aphrodes bicinctus* SCHKR. Étude histologique. *Ann. Epiphyties*, **18**, HS., 133-141.

MOREAU J. P., VAN LOON L. C., 1966. Le comportement de piqûre chez *Rhopalosiphum padi* L. (Hem, Aphides). *C. R., Acad. Sci.*, **262**, 904-907.

MÜLLER H. J., 1960. Die Bedeutung der Photoperiode im Lebensablauf der Insekten. *Z. angew. Entomol.*, **47**, 7-24.

MULKERN C. B., 1967. Food selection by grasshoppers. *Ann. Rev. Entomol.*, **12**, 59-78.

NOLTE H. W., 1959. Untersuchungen zum Farbsehen des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus* F.). *Biol. Zentr. Bl.*, **78**, 63-107.

OATMAN E. R., VOTH V., 1972. An ecological study of the two spotted spider mite on strawberry in Southern California. *Environm. Entomol.*, **1**, 34-49.

OLDFIELD G. N., 1970. Mite transmission of plant viruses. *Ann. Rev. Entomol.*, **15**, 343-380.

OTA A. K., 1968. Comparison of three methods of extracting the flowers thrips from rose flowers. *J. econ. Entomol.*, **61**, 1754-1755.

PAINTER R. H., 1951. Insect resistance in crop plants. McMILLAN, New York, 520 p.

PANT N. C., DANG K., 1972. Physiology and elimination of intracellular symbiotes in some stored product beetles. In *Insect and Mite Nutrition*, ed. J. G. RODRIGUEZ, 311-322, Amsterdam-London, North Holland Publish. Com.

PAYNE J. A., SCHWARTZ P. H., 1971. Feeding of japanese beetles on *Phylloxera* galls. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **64**, 1466-1467.

PEDICO L. P., STONE J. D., LENTZ G. L., 1972. Survivorship of experimental cohorts of the green cloverworm on screenhouse and openfield soybean. *Environm. Entomol.*, **1**, 180-186.

PELEG B., MORRIS D. M., 1972. Bacterial symbiotes activation of insect parthogenetic reproduction. *Nature New Biology*, **236**, 111.

PEPPER B. P., 1943. The relationship between cropping practices and injury by *Heliothis armigera* with especial reference to lima bean and tomatoes. *J. econ. Entomol.*, **36**, 329-330.

POITOUT S., BUES R., 1970. Élevage de plusieurs espèces de Lépidoptères *Noctuidae* sur milieu artificiel riche et sur milieu artificiel simplifié. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **2**, 79-91.

POLLARD D. G., 1973. Plant penetration by feeding aphids (*Hemiptera, Aphidoidea*) : a review. *Bull. Entomol. Res.*, **62**, 631-714.

PRATT J. J., HOUSE H. L., MANSINGH A., 1972. Insect control strategies based on nutritional principles : a prospectus. In *Insect and Mite nutrition*, ed. J. G. RODRIGUEZ, 651-668, Amsterdam-London, North Holland Publ. Com.

RABB R. L., 1962. Integration of biological and chemical control manipulation of environment. *Bull. entomol. Soc. Amer.*, **8**, 193-196.

RAHN R., 1970. L'attraction sexuelle chez les insectes : données biologiques générales et possibilités d'application des phéromones sexuelles. *Ann. Zool.-Écol. anim.*, **2**, 433-450.

RHODES A. N., LUCKMANN W. H., 1967. Survival and reproduction of the corn leaf aphid on twelve maize genotypes. *J. econ. Entomol.*, **60**, 527-530.

RIBI E., EILZ C. Z., GOODE G., STRAIN M. S., YAMAMOTO K., HARRIS S. C., SOMMOS J. H., 1970. Chromatographic separation of steroid harmones by centrifugation through columns of microparticulate silica. *J. Chromatographic Sci.*, **8**, 577-580.

RIBI E., FILZ C. J., RIBI K., GOODE G., BROWN W., NIVA M., SMITH R., 1970. Chromatography of microbial lipids by centrifugation through microparticulate gel. *J. Bacteriol.*, **102**, 250-260.

RIGA A. J., BUKOVAC M. J., 1961. Distribution du P 32, du Ca 45 et du Zn 65 chez le Haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) après absorption radiculaire, redistribution de ces éléments au cours de la germination de la graine et du développement de la jeune plantule. *Bull. Inst. Agron. Rech. Gembloux* (Belgique), **29**, 165-196.

ROBERT P., 1970. Action stimulante de la plante-hôte sur l'activité reproductrice chez la Teigne de la Betterave *Scorbipalpa ocellatella* BOYD. (Lépidoptère, *Gelechiidae*). *Coll. « Influence des stimuli externes sur la gamétogenèse des insectes »*, Tours, 1969, C. N. R. S., Paris, nº 189, 147-162.

ROBERTS F. M., 1940. Studies on the feeding methods and penetration rates of *Myzus persicae* SULZ., *Myzus circumflexus* BUCKT. and *Macrosiphum pisi* KOCH. *Ann. appl. Biol.*, **27**, 348-358.

ROBINSON R. R., YOUNG J. H., MORRISON R. D., 1972. Strip cropping effects on abundance of *Heliothis* damaged cotton squares, boll placement and yield in Oklahoma. *Environm. Entomol.*, **1**, 140-145.

RODRIGUEZ J. G., 1960. Nutrition of the host and reaction of plant pests in : L. P. REITZ (edit.) : Biological and chemical control of plant and animal pests. *Amer. Ass. Adv. Sci. Publ., Washington*, **61**, 149-160.

RUNGE M., 1971. Investigations of the content and the production of mineral nitrogen in soils, 191-202 in : *Ecological studies. Second International Exp. Ecol.* Springer Verlag., 214 p.

RUSSELL G. E., 1968. Effects of mineral oil on *Myzus persicae* SULZ. and its transmission of beet yellows virus. *Bull. Entomol. Res.*, **59**, 691-694.

SCHALK J. M., KINDLER S. D., MANGLITZ G. R., 1969. Temperature and the preference of the spotted alfalfa aphid resistant and susceptible alfalfa plants. *J. econ. Entomol.*, **62**, 1000-1003.

SCHALK J. M., MANGLITZ G. R., 1972. Influence of light and temperature on the production of sexuales of *Therioaphis maculata* and *T. riehmi*. *Environm. Entomol.*, **1**, 209-213.

SCHOONHOVEN L. M., 1967. Chemoreception of mustard oil, glucosides in larvae of *Pieris brassicae* L. *Meded. Kon. Ned. Akad. Wet. Amsterdam, ser. C.*, **70**, 556-568.

SCHOONHOVEN L. M., 1969. Gustation and food plant selection in some Lepidopterous larvae. *Entomol. exper. appl.*, **12**, 555-564.

SCHUURMAN J. J., GOEDEWAAGEN M. A. J., 1965. Methods for the examinations of root system and roots. *PUDOC, Wageningen*, 86 p.

SHANKS C. H., FINNIGAN B., 1972. Population dynamics of the strawberry aphid in south western Washington. *Environm. Entomol.*, **1**, 81-89.

SHUMAKOV E. M., EDELMAN N. M., BORISOVA A. E., 1960. Expériences sur l'élevage d'insectes phytophages sur milieux artificiels. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **130**, 237.

SINGH P., 1970. Host plant nutrition and composition : Effects on agricultural pests. *Information Bull. N° 6, Belleville, Canada Dept. Agricul.*, 102 p.

SINGH S. R., PAINTER R. H., 1964. Effect of temperature and host plants on progeny production of four biotypes of corn leaf aphid, *Rhopalosiphon maidis*. *J. econ. Entomol.*, **57**, 348-350.

SLAMA K., 1969. Plants as a source of materials with insect hormone activity. *Entomol. exper. appl.*, **12**, 721-728.

SMITH B. D., 1968. The effects of plant growth retarding compounds on the behavior of some pests and diseases of black-currant. *Proc. N. Br. Insect. Fung. Conf.* (1967), **1**, 364-368.

SMITH B. D., GUTTRIDGE C. G., 1971. Performance of aphids on plants treated with plant growth regulators. *Lory Ashton Rep.*, **124**.

SOOHOO C. F., FRAENKEL G., 1966. The consumption, digestion and utilization of food plants by polyphagous insect, *Prodenia eridiana* (GRAMER). *J. Insect Physiol.*, **12**, 711-730.

STORMS J. J. H., 1969. Observations on the relationship between mineral nutrition of apple rootstocks in gravel culture and the reproduction of *Tetranychus urticae* (*Acarina, Tetranychidae*). *Entomol. exper. appl.* **12**, 297-311.

SU C. F., SPEIRS R. D., MAHANY P. G., 1972. Toxic effects of soybean saponin and its calcium salt on the rice weevil. *J. econ. Entomol.*, **65**, 844-847.

TANNER T. M., RANCITELLI L. A., HALLER W. A., 1972. Multi-element analysis of natural waters by neutron activation, group chemical separators and gamma ray spectrometric techniques. *Water, air and soil pollution*, **1**, 132-143.

THOMAS J. C., SORENSEN E., 1971. Effect of excision duration on spotted alfalfa aphid resistance in alfalfa cuttings. *J. econ. Entomol.*, **64**, 700-704.

THORSTEINSON A. J., 1960. Host selection in phytophagous insects. *Ann. Rev. Entomol.*, **5**, 193-218.

TODD J. W., PARKER M. B., GAINES T. P., 1972. Populations of mexican bean beetles in relation to leaf protein of nodulating and non-nodulating soybeans. *J. econ. Entomol.*, **65**, 729-731.

TRIPLEHORN C. A., 1959. The possible effect of weather on incidence of corn leaf aphid infestation and damage. *Proc. N. Cent. Br. Entomol. Soc. Amer.*, **14**, 28.

TURIN F. T., 1972. Edaphic and agronomic charaters that affect potential for rootworm damage to corn in Iowa. *J. econ. Entomol.*, **65**, 1615-1619.

UVAROV B., 1966. *Grasshoppers and Locusts*. Vol. 1, Cambridge Press, London, 481 p.

VANDERZANT E. S., 1972. Defined diets for phytophagous insects, In *Insect colonization and mass production*, ed. C. N. SMITH, New York : Academic, 618 p.

VAN EMDEN H. F., 1965. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. *Sci. Hort.*, **17**, 121-136.

VAN EMDEN H. F., 1966. Plant resistance to insects induced by environment. *Sci. Hort.*, **18**, 91-102.

VAN EMDEN H. F., BASHFORD M. A., 1969. A comparison of the reproduction of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* in relation to soluble nitrogen concentration and leaf age (leaf position) in the Brussels sprout plant. *Entomol. exper. appl.*, **12**, 351-364.

VAN OVERBEEK, 1966. Plant hormones and regulators. *Science*, **152**, 721-731.

VILKOVA N. A., SHAPIRO I. D., 1966. A rapid method for assessing physiological resistance in maize and wheat to the Swedish fly. *Trudy Vsesnaucho. issled Inst. Zashch. Rast.*, **26**, 163-169.

VILLACORTA A., 1971. Influence of nutrition, light and temperature on the development of the wheat stem sawfly, *Cephus cinctus*. *Diss. Abstr. Intern.*, B-32, 1638-1639.

WALDBAUER G., FRAENKEL G., 1961. Feeding on normally rejected plants by maxillectomised larvae of the tobacco hornworm, *Protoparce sexta* (*Lepidoptera, Sphingidae*). *Ann. Entomol., Soc. Amer.*, **54**, 477-485.

WEARING C. H., 1972. Responses of *Myzus persicae* and *Brevicoryne brassicae* to leaf age and water stress in Brussels sprouts grown in pots. *Entomol. exper. appl.*, **15**, 61-80.

WEGOREK W., KRYMANSKA J., 1968. The biochemical causes of resistance in some lupin varieties to the aphid (*Acyrthosiphum pisum* HARRIS) (en tchec.). *Prace Nauk. Inst. Ochr. Rosl.*, **10**, 7-30.

WEL-CHUN M., 1969. Some properties of gustation in the larva of *Pieris brassicae*. *Entomol. exper. appl.*, **12**, 584-590.

WHITCOMB R. F., DAVIS R. E., 1970. Mycoplasma and phytarbo-viruses as plant pathogens persistently transmitted by insects. *Ann. Rev. Entomol.*, **15**, 405-464.

WIDSTROM N. W., MCMILLIAN W. W., WISEMAN B. R., 1970. Resistance in corn to corn earworm and the fall armyworm. IV. Earworm injury to corn inbreds related to climatic conditions and plant characteristics. *J. econ. Entomol.*, **63**, 803-808.

WILDE J. de, 1958. Host plant selection in Colorado potato beetle larva. *Entomol. exper. appl.*, **1**, 14-22.

WILDE J. de, BONGERS W., SCHOONEVELD A. H., 1969. Effects of host plant age in polyphagous insects. *Entomol. exper. appl.*, **12**, 714-720.

WILLIAMS M. W., BENSON R. N., 1966. Transfer of ^{14}C components from *Psylla pyricola* F. to pear seedlings. *J. Insect Physiol.*, **12**, 251-254.

WILSON A. GL., HUGUES R. D., GILBERT N., 1972. The responses of cotton to pest attack. *Bull. Entomol. Res.*, **61**, 405-414.

WOOD E. A., STARKS K. J., 1972. Effects of temperature and host plant interaction on the biology of three biotypes of the greenbug. *Environment Entomol.*, **1**, 230-234.

WOODRIGE A. W., HARRISSON F. P., 1968. Effect of soil fertility on abundance of green peach aphids on Maryland tobacco. *J. econ. Entomol.*, **61**, 387-391.

YAMAMOTO R. T., FRAENKELL G., 1960. The specificity of the tobacco hornworm *Protoparce sexta* (JOHAN)to solanaceous plants. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **53**, 503-507.

YOUNG D. L. K., 1972. Photoperiod and wing production by the aphid *Dactynotus ambrosiae* on the short day plant, *Xanthium pensylvanicum*. *Physiol. Zool.*, **45**, 60-67.

ZEEVAART J. A. D., 1966. Hormonal regulation of plant development. In « *Cell differentiation and morphogenesis* », *Wageningen, North Holland Publ.* C°, Amsterdam, 144-172.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1975, 7 (1), 137-138.

CHRONIQUE DES LIVRES

PESSON (P.) éd. — ÉCOLOGIE FORESTIÈRE. LA FORÊT : SON CLIMAT, SON SOL, SES ARBRES, SA FAUNE. — Paris, Gauthier-Villars, 1974, 382 p. (Géobiologie, Écologie, Aménagementé. Collection internationale sous la direction de C. DELAMARE DEBOUTEVILLE).

Cet ouvrage collectif contient les exposés faits à l'occasion d'un cycle de conférences organisé pour les élèves-ingénieurs de l'Institut national agronomique.

Il est subdivisé en quatre parties permettant d'aborder chacune des composantes principales de l'écosystème forestier :

1re partie : Climat.

J. PARDE. Le microclimat en forêt.
P. CACHAN. Importance écologique des variations verticales micro-climatiques du sol à la canopée dans la forêt tropicale humide.
N. DECOURT. Sur quelques rôles des arbres et forêts dans l'environnement urbain.
J. CLAUZURE. Aménagement des espaces verts urbains et forestiers. L'exemple de la région parisienne.

2e partie : Sol.

M. RAPP. Le cycle biogéochimique dans un bois de pins d'Alep.
M. BONNEAU. La fertilisation forestière.
M. BONNEAU. Influence des propriétés physiques et chimiques du sol sur la mise en valeur des sols forestiers.
P. DUCHAUFOUR. Le climat du sol forestier.

3e partie : Les arbres forestiers.

G. LEMÉE. La productivité primaire de la forêt.
P. BOUVAREL. L'adaptation écologique des arbres forestiers. Applications à la sélection.
B. BOULLARD. Un problème d'écologie forestière : les mycorrhizes.

4e partie : La faune.

C. CHARARAS. La pression osmotique des essences forestières et ses rapports avec l'installation des insectes xylophages.
P. GRISON, C. GÉRI. La notion d'équilibre biologique à propos de l'entomofaune forestière.
D. SCHVESTER. Bio-écologie des *Matsucoccus* (*Coccidae Margarodidae*) en particulier de *Matsucoccus Feytaudi* DUC.
R. DAJOZ. Les insectes xylophages et leur rôle dans la dégradation du bois mort.
C. FERRY, B. FROCHOT. L'influence du traitement forestier sur les oiseaux.
F. SPITZ. Facteurs de répartition de l'avifaune en forêt de montagne.
A. BROSSET. Étude d'une niche écologique complexe en forêt équatoriale.
H. LE LOUARN. Démographie des rongeurs forestiers.
F. SPITZ. Répartition détaillée des rongeurs en forêt.
R. CANIVENC, M. MARQUES. Notions de biotélémétrie. Ses applications à l'étude des animaux sauvages de nos forêts (sanglier, chevreuil, renard, blaireau).
H. DABURON. L'équilibre forêt-gibier : le problème des cervidés en forêt.

J. L.

PAL (R.), WHITTEN (M. J.). — THE USE OF GENETICS IN INSECT CONTROL. — Amsterdam. North Holland Publishing Company. 1974, 241 p.

La lutte autocide est une des formes les plus spectaculaires de la lutte biologique contre les Insectes : les succès remarquables obtenus par les U. S. A. dans l'éradication de la mouche du

bétail, *C. hominivorax*, ont suscité de grands espoirs et des recherches très actives dans ce domaine.

L'ouvrage, consacré aux techniques de lutte autocide, est divisé en trois parties : la lutte contre les ravageurs d'importance agricole (*L. cuprina*, *T. urticae*), la lutte contre les insectes vecteurs de maladies (*Cules*, *Aedes*, etc.), et une troisième partie de réflexions plus générales.

Chaque partie rassemble une série de textes, extension et complément de notes présentées au cours d'un symposium tenu à l'occasion du *14e Congrès international d'Entomologie*.

L'ensemble permet d'apprécier aussi bien les résultats déjà obtenus que les objectifs des recherches futures.

J. L. R.

ENGELMANN F. — THE PHYSIOLOGY OF INSECT REPRODUCTION. INTERNATIONAL SERIES OF MONOGRAPHS IN PURE AND APPLIED BIOLOGY. — Zoology, Division, vol. 44. Pergamon Press, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Braunschweig, 1970, 307 p.

Dans cette monographie, F. ENGELMANN envisage presque tous les aspects de la physiologie de la reproduction chez les insectes : détermination et différenciation du sexe, parthénogenèse, développement des gonades, accouplement, facteurs réglant la fécondité, contrôle hormonal de maturation de l'œuf, influence des sécrétions endocrines sur la reproduction du mâle, contrôle de la ponte. Seul l'aspect : écologie des populations n'est pas couvert. Ces différents chapitres sont traités d'une manière exhaustive et font le point des connaissances sur les problèmes considérés. Ceux qui sont consacrés aux mécanismes de contrôle hormonal et au comportement sexuel sont particulièrement développés et constituent la partie essentielle de l'ouvrage. Cinquante pages de bibliographie, un index et un glossaire complètent ce traité.

MANI M. S. — PLANT GALLS OF INDIA. — Delhi, MacMillan India, 1973, 354 p., 56 fig., 16 pl.

Les monographies sur les galles de HOUARD, de FELT ou de BUHR sont bien connues. Celle de MANI sur celles du sous-continent indien, qui vient de paraître, complète heureusement la série de ces ouvrages absolument indispensables à l'identification des organismes galligènes et en particulier des Cécidozoaires.

Professeur d'Entomologie au Collège Saint-Georges d'Agra, M. S. MANI regroupe depuis plus de 40 ans les galles les plus diverses de son immense pays jusqu'en Afghanistan. Il nous avait déjà livré successivement dans *Zoocecidia and Cecidozoa from India* (1948), dans *Cecidotheca indica* (1959), dans *Key to plants galls from India* (1965) et dans son traité *The Ecology of plant galls* (1964) les résultats les plus importants de son travail. Dans « Plant Galls of India », MANI décrit dans l'ordre de la classification botanique 817 galles collectées et conservées à Calcutta au service de botanique. Ces galles appartiennent à 84 familles, principalement aux légumineuses, rosacées, lauracées, cucurbitacées, anacardiacées, combétacées et composées. Quant aux cécidozoaires, les plus fréquemment rencontrés sont les Cécidomyies, les Thrips, les Psylles et les Ériophyides.

Selon l'habitude, l'auteur donne, par famille, une clé d'identification des galles. Chaque galle est enfin décrite en détail avec mention de sa répartition, biologie du cécidozoaire ; les parasites, les commensaux et les espèces secondaires sont signalées. Un repère bibliographique renvoie à la référence complète.

Comme dans tout ouvrage de ce genre où l'on part de la plante-hôte, l'utilisation du traité de MANI suppose la connaissance ou l'identification préalable du végétal.

Trois index facilitent l'utilisation de ce livre :

— un index par plante-hôte dans l'ordre arbitraire des numéros d'inscription des galles dans la collection (donc peu commode) et qu'on aurait souhaité voir présenté dans l'ordre alphabétique avec renvoi aux pages ;
— un index alphabétique des Cécidozoaires avec leur plante-hôte, sans renvoi aux pages, ce qui oblige le lecteur à se reporter à l'index général ;
— un index général.

Hormis quelques champignons et bactéries, on voit que, parmi les 750 et quelques Cécidozoaires cités, MANI a décrit personnellement 32 Cécidomyies, mais que plus de 400 arthropodes galligènes sont inconnus et constituent probablement autant d'espèces nouvelles (Ériophyides, Psylles, Thrips et Cécidomyies principalement). Il reste donc un immense travail à accomplir dans le domaine de la biologie et de l'écologie de toutes ces espèces.

R. C.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1975, **7** (1).

CONTENTS

A. FERRAN, J.-P. LAFORGE. — Artificial diet for the larvae of aphidophagous coccinellid beetle, *Adonia-11-notata* SCHN. (Col. *Coccinellidae*) 1

S. GRENIER, G. BONNOT, B. DELOBEL. — Synthetic media for *in vitro* rearing of *Phryxe caudata* ROND. (*Diptera, Tachinidae*). II. — Growth and larval moultings of the parasitoid in defined media 13

A. KERMARREC. — Synecological relations between nematodes and *Acromyrmex octospinosus* REICH. 27

Jeanne DAUMAL, J. VOEGELE, P. BRUN. — Trichogramma. II. — Unity of mass and daily production of a substitute host : *Ephestia kuehniella* ZELL. (*Lepidoptera, Pyralidae*)... 45

H. AUDEMARD, H. G. MILAIRE. — Trapping of *Laspeyresia pomonella* L., with a synthetic sexual pheromone. First results useful for the populations estimate and the management of control 61

Technical note.

G. REVERSAT. — Monoxenic culture of *Heterodera oryzae* on rice 81

Bibliographical review.

J. STOCKEL. — Analogues of juvenile hormone or growth regulators in insects : possibilities of application in the control of destructive species 91

J. P. MOREAU, R. T. GAHUKAR. — Importance of experimental methods in the studies on plants insects relationships 119

Book reviews 137

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 29,7, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles *séparées* seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire :* il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs*, précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; — *le nom de l'établissement*, dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :
a) *résumé :* (250 mots max.) suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé*, en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats*, à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusions ;* f) *titre et résumé* anglais ou destinés à être traduit en anglais comportant une analyse *complète* de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborateurs, les fonds, les dons... ; h) *références bibliographiques*.

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français *très complet*. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (Dupont et Duval, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé, selon la *World List of Scientific Periodicals*, ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d' « Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés soit *à l'état définitif* soit *à l'état de projets*, leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : *soit* × 0,5, *soit* × 0,25.

Il est rappelé que le format utile des *Annales* est : 19 × 12,5 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos : 9 × 12 ; 4 photos : 9 × 5,5 ; 6 photos : 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur une même feuille séparée et porter les numéros des figures.

Il est demandé d'indiquer sur le manuscrit, dans la marge, en regard du texte, l'emplacement souhaité pour les tableaux et figures.

Envoi du manuscrit : M. Biliotti, Centre national de Recherches agronomique, 78000 Versailles, France. On demande deux exemplaires.

Correction des épreuves : les épreuves que les auteurs recevront à corriger sont à retourner, après correction, à cette même adresse.

Zoologie.

Le Directeur de la publication: M.-L. CAGNAC

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 2-1975.

Dépôt légal: 1er trimestre 1975. N° d'impression: 1880.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1975	France	Étranger	Le N°
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 nos par an	225 F	246 F	45 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 nos par an	175 F	194 F	55 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 nos par an	200 F	220 F	70 F
ANNALES DE ZOOLOGIE-ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 nos par an	200 F	220 F	70 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 nos par an	200 F	220 F	70 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 nos par an	175 F	194 F	55 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE 4 nos par an	225 F	246 F	75 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 nos par an	175 F	194 F	55 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 nos par an	200 F	220 F	70 F
ANNALES DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES, 4 nos par an	200 F	220 F	70 F
ANNALES D'HYDROBIOLOGIE, 2 nos par an	105 F	116 F	70 F

APIDOLOGIE 4 nos par an — Abonnement : France : 50 F
Étranger sauf R. F. A. : 60 F
— Le numéro : France : 15 F
Étranger sauf R. F. A. : 20 F

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Journées d'information sur l'alimentation azotée des animaux, Paris, 21-22 novembre 1973.
141 p., 1974 ..... 25,00 F

L'I. N. R. A. au service des Industries agricoles et alimentaires. Inventaire des Recherches.
266 p., 1974 ..... 35,00 F

Symposium international sur la conservation des grains récoltés humides, Paris, 5-10 mars 1973.
762 p., 1973 ..... 150,00 F

Le Pois. Étude génétique des caractères, classification, caractéristiques variétales portant sur les variétés inscrites au catalogue officiel français, par **R. Cousin.**
111 p. et 140 fiches, 1974 ..... 150,00 F

Contribution à l'étude de la Faune de France. Systématique de la tribu des Scymnini (Coccinellidae), par **J. M. Gourreau.**
223 p., 1974 ..... 85,00 F

Les arbres et arbrisseaux acclimatés en région méditerranéenne française. Catalogue commenté, par **P. Augé, P. Allemand, R. Hamès.**
144 p., 1973 ..... 58,85 F

Colloque sur l'ovogenèse et la folliculogenèse, Nouzilly, 14-16 déc. 1972.
258 p., 1973 ..... 120,00 F

Protoplastes et fusion de cellules somatiques végétales, Versailles, 11-15 septembre 1972. Coédition I. N. R. A.-C. N. R. S.
549 p., 1973 ..... 160,50 F

Recherches acridiennes à Madagascar.
262 p., 1972 ..... 80,00 F

IVe Conférence du groupe international d'étude des virus et des maladies à virus de la vigne, Colmar 16-18 juin 1970.
211 p., 1972 ..... 60,00 F

Lombriciens de France, Écologie et Systématique par **M.-B. Bouché.**
671 p., 1972 ..... 150,00 F

IIIe Conférence du Groupe consultatif des Statisticiens forestiers, Jouy en Josas, 7-11 septembre 1970.
332 p., 1972 ..... 139,75 F

Symposium international sur le soufre en Agriculture. Versailles, 3-4 décembre 1970.
412 p., 1972 ..... 50,00 F

Organismes du Sol et production primaire — IVe Colloquium pedobiologiae, Dijon 14-19 septembre 1970.
588 p., 1972 ..... 65,00 F

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.
Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles
A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot.

Ann. Zool. - Écol. anim., 1975, 7 (1).

TABLE DES MATIÈRES

A. FERRAN, J.-P. LAFORGE. — L'alimentation artificielle des larves de la coccinelle aphidiphage *Adonia 11 notata* SCHN. (Col. *Coccinellidae*). I. — Étude préliminaire sur le rôle d'une fraction azotée complexe et d'un mélange d'acides aminés 1

S. GRENIER, G. BONNOT, B. DELOBEL. — Définition et mise au point de milieux artificiels pour l'élevage *in vitro* de *Phryxe caudata* ROND. (*Diptera, Tachinidae*). II. — Croissance et mues larvaires du parasitoïde en milieux définis 13

A. KERMARREC. — Étude des relations synécologiques entre les nématodes et la fourmi-manioc : *Acromyrmex octospinosus* REICH. 27

Jeanne DAUMAL, J. VOEGELE, P. BRUN. — Les Trichogrammes. II. — Unité de production massive et quotidienne d'un hôte de substitution *Ephestia kuehniella* ZELL. (*Lepidoptera, Pyralidae*) 45

H. AUDEMARD, H. G. MILAIRE. — Le piégeage du capocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) avec une phéromone sexuelle de synthèse : premiers résultats utilisables pour l'estimation des populations et la conduite de la lutte 61

Note technique.

G. REVERSAT. — Élevage monoxénique du nématode *Heterodera oryzae* sur le riz..... 81

Mise au point bibliographique.

J. STOCKEL. — Les analogues de l'hormone juvénile ou régulateurs de croissance chez l'insecte. Possibilités d'application dans la lutte contre les espèces nuisibles 91

J. P. MOREAU, R. T. GAHUKAR. — Importance des méthodes expérimentales dans les études des relations plantes-insectes 119

Chronique des livres 137

Content, see at the end of the issue

Les Annales de Zoologie - Écologie animale figurent dans Current Contents

I. N. 5. 036. 045. 5